

UNIVERSIDAD  
**CARLOS III DE MADRID**



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y SISTEMAS

PROYECTO FIN DE CARRERA

**DISEÑO DE SOPORTES Y  
ELECTRÓNICA DE CONEXIONADO  
DEL TÓRAX DEL ROBOT HUMANOIDE TEO**

Autor: Pablo Jiménez-Bazo Labrador  
Tutor: Santiago Martínez de la Casa Díaz

Diciembre de 2011

Título: DISEÑO DE SOPORTES Y ELECTRÓNICA DE CONEXIONADO DEL  
ROBOT HUMANOIDE TEO

Autor: PABLO JIMÉNEZ-BAZO LABRADOR

Director:

## EL TRIBUNAL

Presidente: \_\_\_\_\_

Vocal: \_\_\_\_\_

Secretario: \_\_\_\_\_

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día \_\_ de \_\_\_\_\_  
de 20\_\_ en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de  
Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

# Agradecimientos

Agradezco a mi tutor, Santiago Martínez de la Casa Díaz, todo el apoyo que me ha dado y los conocimientos que me ha transmitido, haciendo posible la realización de este proyecto.

También le agradezco el haberme permitido participar en un proyecto de tan gran envergadura, como lo es el Robot TEO, de lo cual me siento muy orgulloso

# Resumen

Los objetivos del proyecto son diseñar una estructura donde irán colocados los dispositivos que lleva el robot TEO en su cuerpo y diseñar varios circuitos impresos que conecten los dispositivos electrónicos de los brazos con los del cuerpo.

Para llevar a cabo el diseño de la estructura, ha sido necesario un estudio previo de la estructura que compone el cuerpo del robot, obteniendo sus dimensiones y el espacio que se encuentra disponible para posicionar los distintos dispositivos electrónicos.

Posteriormente, se han estudiado las dimensiones de los componentes y sus especificaciones para la óptima colocación de los mismos en el interior del robot.

Después de conocer las dimensiones del cuerpo del robot y las dimensiones de sus componentes, se ha procedido al diseño de una estructura en la cual, se van a colocar estos componentes. La estructura se ha dividido en dos partes: una parte se acopla al pecho del robot y la otra a la espalda. Esta división facilita la tarea de fijar la estructura diseñada a la estructura del robot. En la estructura del pecho, van colocadas principalmente las CPUs y en la estructura de la espalda, van colocados la pila y los depósitos de hidrógeno del sistema de alimentación.

Una vez implementada la estructura que soportará todos los componentes, se han diseñado los circuitos impresos necesarios para el conexionado entre los dispositivos de los brazos y los del cuerpo. Se han diseñado en base a las dimensiones del espacio disponible después de situar el resto de componentes. El conexionado se realiza mediante dos circuitos: el primero toma las señales del brazo y las lleva hasta el cuerpo, dejándolas más accesibles y el segundo conecta los dispositivos electrónicos, que están situados en el tórax, con el primer circuito.

**Palabras clave:** Robot, estructura, soporte, TEO, RH-2, dispositivo, driver, circuito impreso, placa, diseño, PCB, SolidWorks, OrCAD.



# Abstract

The project objectives are to design a framework where will be place the devices which lead the robot TEO in its body and to design some printed circuits that connect the electronic arms with the rest of the body.

To realize the design of the framework, it has been necessary a previous study of the structure that compose the body of the robot, getting their dimensions and the space available to position the different electronic devices.

After that, it has been studied the dimensions of the components and its specifications for the optimal placement of the same, inside the robot.

After knowing the dimensions of robot's body and the dimensions of its components, we have proceeded to design a structure in which we're going to place these components. The structure has divided into two parts: one of them is attached to the robot's chest and the other one, on the back. This division facilitates the work of fixing the designed structure to the robot framework. In the structure of the chest are mainly placed CPUs and, in the back structure, are placed the stack and hydrogen tanks of feeding system.

After implementing the structure that will support the different components, it has designed the printed circuits needed for the connection between arms and body. They have been designed according to the dimensions of the space available after placing the rest of the components. The connection is made through two circuits: the first: it gets the signals from the arm and leads it to the body, leaving them more accessible, and, the second, connects the electronics devices, which are placed in the chest, with the first circuit.

**Keywords:** Robot, structure, TEO, RH-2, device, driver, circuit board, board, design, PCB, SolidWorks, Orcad

# Índice general

ÍNDICE GENERAL .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Especificaciones de los diseños.....	3
1.4 Fases de desarrollo .....	4
1.5 Medios empleados .....	4
1.6 Estructura de la memoria.....	4
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>6</b>
<b>EL ROBOT HUMANOIDE TEO.....</b>	<b>6</b>
2.1 Introducción a los robots .....	7
2.2 Robot humanoide TEO.....	8
2.3 El torso del robot TEO .....	14
2.3.1 Características .....	15
2.3.2 Arquitectura .....	17
2.3.3 Dispositivos Hardware.....	19
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>27</b>
<b>DESARROLLOS MECÁNICOS PARA EL TORSO DEL ROBOT TEO.....</b>	<b>27</b>
3.1 Especificaciones .....	28
3.2 Modelado de dispositivos .....	29
3.2.1 Herramientas de diseño .....	29
3.2.2 Modelado.....	30
3.3 Evolución del diseño de estructuras .....	35
3.4 Implementación .....	54
3.4.1 Fabricación.....	54
3.4.2 Montaje.....	57
3.4.3 Piezas fabricadas .....	64
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>67</b>
<b>DESARROLLOS ELECTRÓNICOS PARA EL TORSO DEL ROBOT TEO .....</b>	<b>67</b>
4.1 Especificaciones .....	68
4.1.1 Herramientas de diseños.....	69
4.2 Estudio de ubicación de circuitos de interconexión .....	70
4.3 Diseño electrónico .....	72
4.3.1 Placas Drivers.....	73
4.3.2 Placa Interconexión .....	77

<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>81</b>
<b>CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....</b>	<b>81</b>
5.1 Conclusiones.....	82
5.2 Trabajos futuros.....	84
 <b>CAPÍTULO 6 .....</b>	 <b>86</b>
<b>PRESUPUESTO.....</b>	<b>86</b>
6.1 Costes de Ejecución Material .....	87
6.1.1 Costes por Material electrónico.....	87
6.1.2 Costes por Material de Laboratorio .....	87
6.1.3 Costes por Material Software.....	87
6.1.4 Coste por Material Hardware.....	88
6.1.5 Coste por Tiempo Empleado.....	88
6.1.6 Coste Total de Presupuesto de Ejecución .....	89
6.2 Honorarios de Redacción .....	89
6.3 Importe Total del Presupuesto.....	90
 <b>CAPÍTULO 7 .....</b>	 <b>91</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>91</b>
7.1 Referencias .....	92
 <b>CAPÍTULO 8 .....</b>	 <b>93</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>93</b>
8.1 Planos .....	94
8.2 Hojas de características .....	105

# Índice de figuras

Figura 1. Medidas del robot humanoide TEO .....	9
Figura 2. Esquema de los grados de libertad de TEO.....	11
Figura 3. Estructura principal del torso, perspectiva. ....	14
Figura 4. GDLs de la estructura principal.....	15
Figura 5. Sección cuadrada del tubo de aluminio. ....	16
Figura 6. Dimensiones del torso .....	16
Figura 7. Kino – 9454 .....	19
Figura 8. Dimensiones microprocesador Kino-9454 .....	20
Figura 9. Driver ISCM 8005 .....	21
Figura 10. Dimensiones driver.....	22
Figura 11. Tarjeta adquisición sensor fuerza par .....	22
Figura 12. Dimensiones c .....	23
Figura 13. Adaptador PCI a miniPCI (CR95).....	23
Figura 14. Dimensiones PCI-Express a PCI (CR95) .....	24
Figura 15. Pila de hidrógeno.....	25
Figura 16. Dimensiones depósito.....	26
Figura 17. Dimensiones pila .....	26
Figura 18. Programa SolidWorks .....	29
Figura 19. Modelo de la estructura principal del tórax: .....	30
Figura 20. Sección estructura principal .....	30
Figura 21. Modelo CPU Kino-9454 .....	31
Figura 22. Modelo Driver ISCM 8005 .....	31
Figura 23. Modelo tarjeta adquisición sensor fuerza par .....	32
Figura 24. Modelo Adaptador PCI-Express a PCI (CR95) .....	33
Figura 25. Modelo Depósito .....	34
Figura 26. Ejemplo de estructura con railes .....	35
Figura 27. Distintas configuraciones de las CPUs:.....	36
Figura 28. Ejemplo de colocación del hardware: .....	36
Figura 29. Soporte CPU Prototipo 1 .....	37
Figura 30. Soporte CPU Prototipo 2 .....	38
Figura 31. Prototipo Soporte CPU 3 .....	38
Figura 32. Soporte CPU definitivo. ....	39
Figura 33. Sujeción estructura delantera a la estructura principal. ....	39
Figura 34. Montaje soporte CPU y CPU. ....	40
Figura 35. Prototipo Balda 1 .....	41
Figura 36. Prototipo Balda 2.....	41
Figura 37. Potitipo Soportes separadores: .....	42

Figura 38. Perfil U de aluminio .	42
Figura 39. Separadores Perfil U definitivos.....	43
Figura 40. Montaje de las estructuras diseñadas.....	43
Figura 41. Situación de la pila y de los depósitos.....	44
Figura 42. Detalle de la separación entre la pila y la estructura principal .....	45
Figura 43. Soporte batería: .....	45
Figura 44. Cinchas de amarre .....	46
Figura 45. Bloques para distanciar el prototipo soporte pila y depósito.....	46
Figura 46. Soporte pila definitivo .....	47
Figura 47. Detalle de la separación entre la pila y la estructura principal .....	47
Figura 48. Prototipo Soporte 1: .....	48
Figura 49. Soporte depósito definitivo. ....	49
Figura 50. Espacio del Soporte Depósito para evitar el racor.....	49
Figura 51. Primer diseño para la colocación de los drivers. ....	50
Figura 52. Segundo diseño para la colocación de los drivers.....	50
Figura 53. Tercer diseño de la colocación de los drivers.....	51
Figura 54. Cuarta y definitiva forma de colocar los drivers. ....	52
Figura 55. Detalle de la colocación de los drivers .....	52
Figura 56. Soporte Driver .....	53
Figura 57. Matriz plegado a fondo.....	54
Figura 58. Estándar ASM. ....	55
Figura 59. Plano desplegado Soporte Pila .....	56
Figura 60. Plano desplegado Soporte CPU.....	56
Figura 61. Foto Soporte CPU .....	64
Figura 62. Foto Soporte Pila .....	64
Figura 63. Foto Soporte Depósito.....	65
Figura 64. Foto estructuras montadas .....	65
Figura 65. Foto detalle de la independencia de las estructuras.....	66
Figura 66. Ubicación de la placa Interconexión. ....	70
Figura 67. Circuito interconexión colocado .....	71
Figura 68. Esquema jerárquico brazo derecho.....	72
Figura 69. Esquema placa drivers.....	73
Figura 70. Conector Driver .....	74
Figura 71. Minifit 12.....	74
Figura 72. Layout placa Drivers. ....	75
Figura 73. Fotolito capa Top Placa Drivers .....	76
Figura 74. Fotolito capa Bottom Placa Drivers .....	76
Figura 75. Esquemático placa interconexión.....	77
Figura 76. Conector señales hombro .....	78
Figura 77. Layout Placa Interconexion.....	79
Figura 78. Fotolito capa Top Placa Interconexión.....	80
Figura 79. Fotolito capa Bottom Placa interconexión .....	80
Figura 80. Sujeciones adicionales para el Soporte CPU.....	85
Figura 81. Brida .....	85

# Índice de tablas

Tabla 1. Dimensiones de las pistas (Mils). .....	68
Tabla 2. Señales de los circuitos .....	73
Tabla 3. Peso dispositivos y estructuras .....	83
Tabla 4. Peso Total del Sistema de Alimentación .....	83

# **Capítulo 1**

## **Introducción y objetivos**

## 1.1 Introducción

Debido al gran auge que están teniendo los robots humanoides dentro del campo de la robótica, son numerosas las multinacionales e instituciones que se han lanzado a la investigación y desarrollo de este tipo de robots.

Japón es el país líder en el desarrollo de estos robots, siendo su prototipo de robot humanoide ASIMO muy superior al resto de robots de su categoría.

En pocos años los robots humanoides se convertirán en una herramienta indispensable para la sociedad, como ya lo son los robots industriales. Por ello, la Universidad Carlos III decide investigar este campo de la robótica y desarrollar un prototipo de robot humanoide acorde a las necesidades del mercado y capaz de competir con el resto de robots.

Se quiere que el prototipo tenga las siguientes características:

- Locomoción bípeda estable.
- Brazos articulados manipuladores.
- Cuerpo central para alojar el sistema de control.
- Autonomía energética y toma de decisiones.
- Capacidad de interactuar con el entorno.

Este prototipo tiene que ser capaz de realizar las siguientes tareas:

- Asistencia a humanos.
- Manipulación y transporte de mercancías.
- Inspección y mantenimiento.
- Vigilancia y salvamento.
- Entretenimiento.
- Relaciones públicas.

El robot TEO, antes conocido como RH-2, es el tercer prototipo de robot humanoide desarrollado por el departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad Carlos III de Madrid. Es importante que sea el más avanzado tecnológicamente y que se convierta en el precursor en España al igual que lo fue el RH-0 [1]

Dada la complejidad del robot TEO, su construcción se ha dividido en diferentes proyectos. Cada uno se encarga de implementar una parte o sistema del robot: sistema de alimentación, sistema de comunicación, sistema de control, diseño de las piernas, diseño de los brazos, etc.

Este proyecto pretende diseñar una estructura dentro del tronco del robot, para colocar todos los dispositivos que lleva el robot en esta parte. También pretende diseñar el conexionado entre los dispositivos de los brazos y los dispositivos que alojaremos en el tórax.



## 1.2 Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es el diseño de una estructura que albergue los dispositivos que van situados en el tórax del robot: CPUs, drivers, baterías, etc. Esta estructura se debe acoplar con firmeza a la estructura principal del robot sin que existan vibraciones o desplazamientos entre las dos partes.

Se analizará la estructura mecánica del tórax del robot, la intención es conocer la posición de los diferentes componentes electrónicos dentro del humanoide y las dimensiones del mismo. Es necesario obtener previamente estos datos para una óptima colocación de los dispositivos electrónicos.

El segundo objetivo del proyecto es el diseño del conexionado eléctrico, mediante placas de circuito impreso entre los sistemas electrónicos del brazo y los del tórax.

Una vez analizado el espacio disponible después de situar los componentes en la estructura diseñada, se comienzan a dimensionar las placas de circuito impreso. El buen diseño de estas placas es muy importante, ya que además de posicionar los diferentes componentes y conectores, éstos deberán adaptarse a la estructura mecánica del robot.

## 1.3 Especificaciones de los diseños

Todos los diseños de este proyecto se realizarán acorde a las especificaciones que enumeramos a continuación.

- **Peso:** Las estructuras deben diseñarse lo más livianas posibles y que el conjunto estructura y dispositivos no exceda de los 9 Kg, el peso máximo previsto para el sistema de alimentación.
- **Robustez:** El conjunto diseñado debe soportar las vibraciones y movimientos del robot en funcionamiento.
- **Flexibilidad y versatilidad:** Las estructuras han de diseñarse teniendo en cuenta la posibilidad de que en un futuro pueden sufrir modificaciones.
- **Fabricación simple y económica:** Tanto las estructuras como los circuitos impresos deben diseñarse teniendo en cuenta su futura fabricación, la cual debe ser lo más simple y económica posible.
- **Montaje y desmontaje simple:** El conjunto estructura y dispositivos debe poder ser extraído y montado de una forma simple y rápida, por si hubiera que realizar tareas de mantenimiento o similar.

## 1.4 Fases de desarrollo

El proyecto se desarrollara en varias fases:

- Estudio de la estructura del torso del humanoide, de la cual se parte.
- Estudio de los componentes del robot y su posibles situaciones dentro del torso.
- Diseño de la estructura que sujetará los dispositivos.
- Diseño de los circuitos impresos en base al espacio disponible para su colocación.

## 1.5 Medios empleados

En la elaboración del proyecto ha habido un utensilio indispensable, sin el cual, no hubiese sido posible su desarrollo. Estamos hablando del ordenador, que es un instrumento asequible y al alcance de cualquier persona, pero que sin él, no existiría el proyecto que presentamos. Pues ha sido necesario su uso a lo largo de todo el proyecto, desde el estudio del tórax y posterior diseño de las estructuras con el programa SolidWorks, hasta el diseño de los circuitos impresos con la ayuda del programa OrCAD.

También ha sido de gran utilidad el uso del calibre para el estudio de las medidas de los componentes.

## 1.6 Estructura de la memoria

Para facilitar la lectura de la memoria, se incluye a continuación un breve resumen de los capítulos de los que se compone:

- **Capítulo 1: Introducción y objetivos.** Se explica en que consiste el proyecto y se exponen los motivos y objetivos del mismo.
- **Capítulo 2: El robot humanoide TEO.** Breve introducción a los robots en general, se detalla que es un robot humanoide y dentro de estos se describen las características, la arquitectura y los dispositivos del robot TEO.

- **Capítulo 3: Desarrollos mecánicos para el torso del robot TEO.** Diseño e implementación de la parte mecánica del proyecto. Descripción de las características de las piezas diseñadas, su posterior fabricación y las herramientas de diseño que se han utilizado.
- **Capítulo 4: Desarrollos electrónicos para el torso del robot TEO.** Diseño e implementación de la parte electrónica del proyecto. Descripción de las características de los circuitos diseñados, su posterior fabricación y las herramientas de diseño que se han utilizado.
- **Capítulo 5: Conclusiones y trabajos futuros.** Se detallan las conclusiones obtenidas tras la realización del proyecto y se exponen posibles soluciones y mejoras que se pueden realizar en TEO
- **Capítulo 6: Presupuesto.** Desglose del coste que ha supuesto todo el proyecto, desde los costes de los materiales para la fabricación, como su diseño y posterior montaje.
- **Capítulo 7: Referencias.** Se enumeran los libros, proyectos y páginas web que se han consultado para la realización del proyecto.
- **Capítulo 8: Anexos.** Se muestran los planos de todas las piezas diseñadas y las hojas de características de todos los componentes descritos en este proyecto.

# **Capítulo 2**

## **El robot humanoide TEO**

## 2.1 Introducción a los robots

Un robot es una máquina o ingenio electrónico programable, capaz de manipular objetos y realizar operaciones antes reservadas solo a personas. Existen dos tipos básicos de robots atendiendo a su ámbito de aplicación: Industriales y de servicios:

- **Industriales**

Un robot industrial se define según el ISO 8373 [2] como un manipulador automáticamente controlado, reprogramable, multiuso y programable en tres o más ejes, que pueden ser fijos en un lugar o movilizarse para ser usado en aplicaciones de automatización industrial

- **De servicios**

Según la Federación Internacional de Robótica (IFR) [3], Un robot de servicio es un robot que opera de forma parcial o totalmente autónoma, para realizar servicios útiles para el bienestar de los humanos y del equipamiento, excluyendo operaciones de manufactura.

Existe un gran número de categorías dentro de los robots de servicio que no realizan operaciones de manufactura o fabricación, alguna de ellas se presentan a continuación:

- **De campo:** aplicaciones en agricultura, ganadería, forestal, minería, espacio,...
- **Limpieza profesional:** limpieza de suelos, ventanas y paredes, tanques y tuberías, piscinas,...
- **Sistemas de inspección y mantenimiento:** alcantarillas, tanques, tuberías,...
- **Construcción y demolición:** desmantelamiento y demolición de instalaciones nucleares, construcción de edificios,...
- **Sistemas logísticos:** robots de mensajería y correo en fábricas y almacenes, transportes autónomos,...
- **Medicina:** sistemas de diagnóstico, ayuda en cirugía, sistemas de rehabilitación,...
- **Aplicaciones de defensa, rescate y seguridad:** Robots antiminas, robots contraincendios, robots de vigilancia y seguridad, vehículos aéreos y terrestres sin tripulación,...
- **Relaciones públicas:** robots en hoteles y restaurantes, robots guía,...
- **Tareas domésticas:** aspiradores, limpieza de suelos, cortacésped, limpiapiscinas,...
- **Entretenimiento:** juguetes, robots educativos,...
- **Asistencia:** robots de asistencia a discapacitados, sillas de ruedas robotizadas, rehabilitación personal, robots de compañía,...

- **Humanoides:** robots para promoción, exposición y arte. El robot TEO se encuentra dentro de este tipo de robots.

Humanoide hace referencia a un determinado tipo de robots que tienen una apariencia similar a la de los humanos, y el comportamiento cinemático del ser humano. Actualmente los humanoides son todavía dispositivos muy poco evolucionados, sin utilidad práctica, y destinados fundamentalmente al estudio y experimentación.

El objetivo es que presten un servicio a las personas (cuidados médicos primarios, vigilancia, seguridad, realizar tareas peligrosas, tareas sencillas del hogar, etc.). Uno de los aspectos más complejos de estos robots es la locomoción bípeda. En este caso, el principal problema es lograr mantener el equilibrio del robot durante la caminata, regulando sus movimientos en tiempo real, semejante al control de sistema neuronal humano.

No sólo su capacidad de caminar o evitar obstáculos es interesante. Idealmente un robot humanoide, debe ser capaz de actuar de un modo similar al humano, es decir, debe estar dotado de una inteligencia, que le aporte capacidad de aprendizaje. Atendiendo a la percepción de los estímulos de su entorno, un humanoide debe poder interactuar en cualquier ambiente y realizar tareas no preprogramadas con antelación. [4]

## 2.2 Robot humanoide TEO

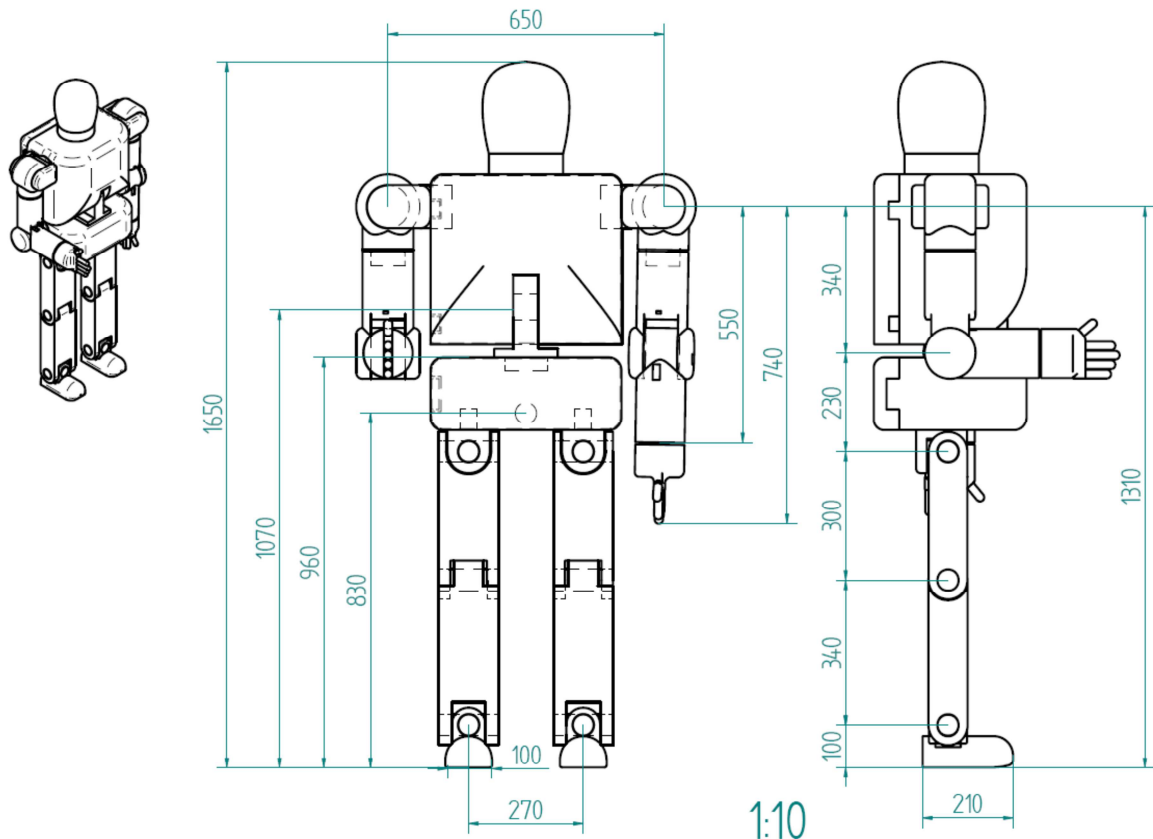
En apenas 1,52 m de altura y 50 kg de peso, bajo una carcasa blanca de plástico, se esconde una de las joyas de la Universidad Carlos III de Madrid, el Robot Humanoide Rh-1. Con tan sólo seis años de vida ha obtenido logros importantísimos en el campo de la locomoción bípeda, erguida, tanto a nivel nacional como europeo [5].

En 2004 fue cuando nació el predecesor del actual Rh-1, su hermano pequeño, el Robot Humanoide 0. Tras dos años de sesuda investigación, en 2006 el proyecto Rh-0 se transformó en el prototipo Rh-1. A día de hoy ya se está trabajando en las mejoras del aparato para diseñar el Rh-2, un robot que se espera pueda llegar a subir y bajar escalones, transportar objetos, etc.

El robot humanoide TEO, conocido anteriormente como Rh-2, comenzó a desarrollarse en el año 2008 [6], es el tercer prototipo de robot humanoide diseñado por el departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad Carlos III de Madrid. El primer prototipo, el RH-0, posee 21 grados de libertad (23 contando con la cámara) [7].

Su diseño dispone de 28 grados de libertad y se estima un peso de 60 Kg y una velocidad de 1 Km/h durante la caminata. Se estima que podrá transportar

objetos de 2 Kg de peso e incluso sentarse. Su altura es de 165 cm, dotando al robot de un tamaño acorde al de un humano. En la Figura 1, se muestra un dibujo con las medidas que posee el robot.



**Figura 1.** Medidas del robot humanoide TEO

El nuevo modelo TEO incluye cuatro grados de libertad (GDL) más que sus anteriores versiones. Uno en cada codo, en el plano transversal, que permita al brazo realizar movimientos más parecidos a los humanos. Otro grado de libertad en el tronco, en su plano frontal, para poder controlar de manera más rápida el balanceo hacia delante y atrás del cuerpo y lograr mantener su centro de masa en una posición correcta. Este nuevo grado de libertad dota al robot de la capacidad de plegar más el tronco y poder sentarse.

TEO, es un sistema mecánico de 26 grados de libertad (28 si se tienen en cuenta los grados de libertad de la cabeza), en la Figura 2 se muestra un esquema con la distribución de estos GDL. Por cada grado de libertad es necesaria la utilización de un motor con su correspondiente reductora, encoder y driver. Los grados de libertad se distribuyen de la siguiente manera por sus extremidades:

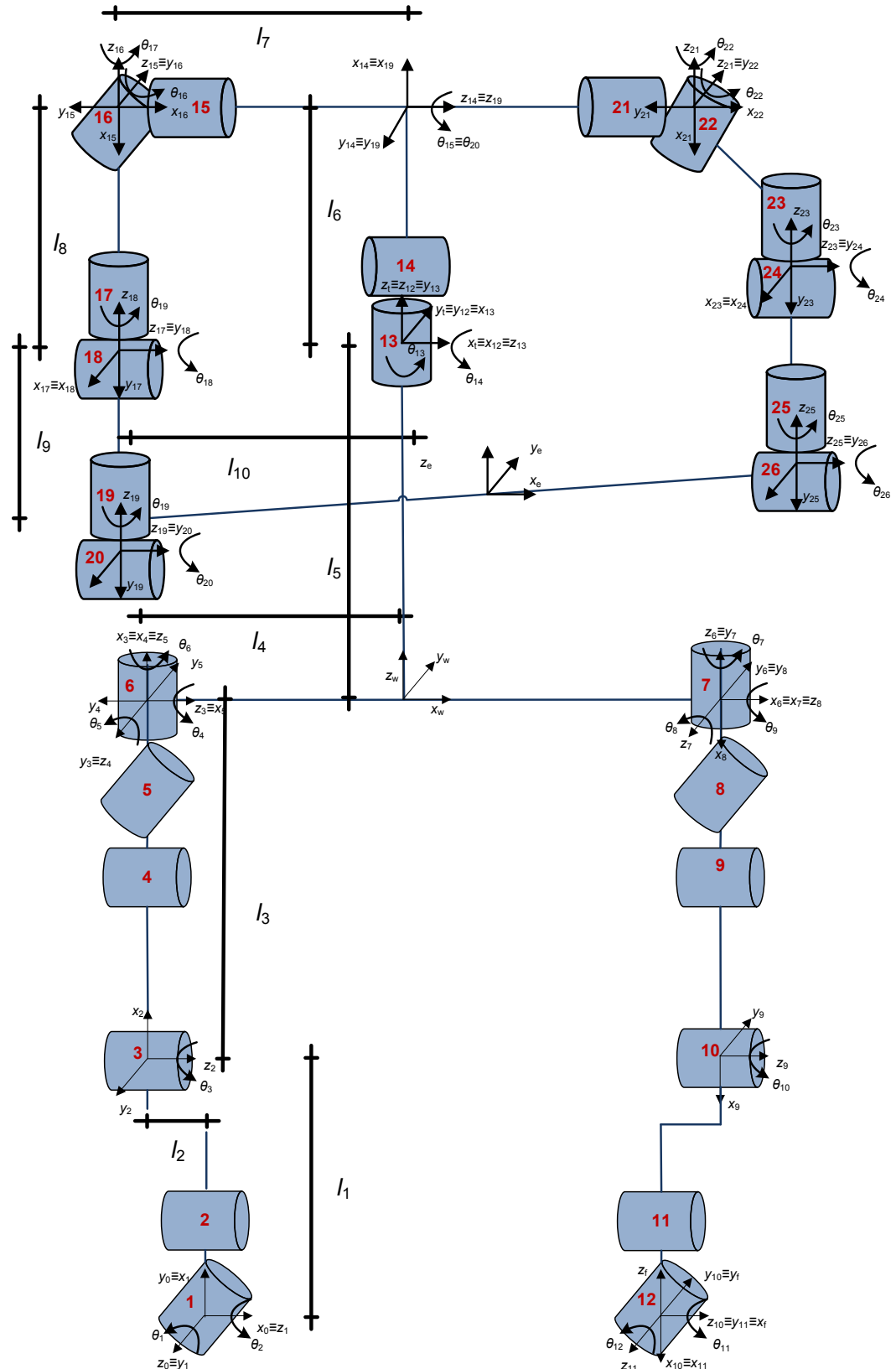
- **Piernas:** Dispone cada una de 6 GDL distribuidos entre el tobillo, la rodilla y la cadera. La cadera posee 3 de ellos, uno en el plano sagital, otro en el frontal y el tercero en el plano transversal, utilizado en el cambio de

dirección de movimiento. La rodilla tiene un GDL en el plano sagital, pues no es necesario ningún otro. Y por último el tobillo posee 2 GDL, en los planos sagital, para adaptar el pie al suelo y en el plano frontal que permite el balanceo junto con el de la cadera para mantener el equilibrio.

- **Brazos:** Cada uno de los brazos dispone de 6 GDL distribuidos entre el hombro, el codo y la muñeca. En el hombro existen 2 GDL en los planos sagital y frontal. En el codo hay 2 GDL en el plano frontal y transversal. Los últimos 2 GDL están en la muñeca, en los planos transversal y frontal. Esta distribución permitirá manipular objetos, e intentará imitar la movilidad de un brazo humano.
- **Tronco:** El tronco posee 2 GDL, uno en el plano transversal que le permite el giro dicho plano sin tener que mover las piernas, y otro en el plano frontal que le permite regular su inclinación.

Los grados de libertad de la cabeza no están definidos, serán objeto de estudio en un proyecto futuro.





**Figura 2.** Esquema de los grados de libertad de TEO

A continuación se enumera los diferentes sistemas que componen todo el hardware del robot y los dispositivos que componen cada sistema.

### **Sistema Motriz:**

Este sistema se compone de los motores y reductores que otorgan el movimiento a nuestro humanoide y por los encoders relativos y absolutos que proporcionan un conocimiento exacto de la posición de cada motor.

- Motores:  
Maxon Re de 20 a 150 W (Motor DC con escobillas). (26 Ud.)
- Reductores:  
Harmonic Drive LLC CSD de 20 y 25 (26 Ud.)
- Encoder relativo:  
Maxon MR tipo L (26 Ud.)
- Encoder absoluto:  
Avago Technologies 750AEAS (26 Ud.).  
- Interfaz: Controlador PIC 18F2580  
- Transmisor/receptor: Philips PCA48C250

### **Sistema de Sensorización:**

Con este sistemas obtenemos información interna del robot, como puede ser la posición de cada articulación y También obtenemos información externa como por ejemplo el entorno que rodea al robot.

- Sensor inercial:  
Xsens MTi (1 Ud.)
- Sensor de fuerza:  
JR3 (En tobillos y muñecas)  
Interfaz: JR34 MP (1 ud. Conectada por PCI).
- Sistema de visión:  
Web-cam o cámara TCP/IP (Objeto de estudio de un proyecto futuro).
- Sensor del habla:  
Micrófono: (Objeto de estudio de un proyecto futuro).
- Sensores del tacto:  
Sensor capacitivo o sensor compacto Atmel QT110 o Piel robótica.  
(Objeto de estudio de un proyecto futuro).

### Sistema de control:

Se encarga de controlar todos los dispositivos del robot, desde el movimiento de los motores hasta las comunicaciones entre todos los dispositivos.

- Control:  
CPU Kino-9454 (2 Ud.)
- Control de motores:
  - Driver ISCM 8005 de la empresa Technosoft (26 Ud.)
  - Software: Easy Motion Studio

### Sistema de Comunicación:

Este sistema engloba la red interna CAN-bus que controla todas las comunicaciones internas del robot y la red externa WI-FI que comunica el robot con un operario o computador externo.

- Red CAN-bus:  
Tarjeta Emtrion HiCO.CAN miniPCI (2 ud.)
- Red WI-FI:  
Adaptador WIFI USB N D-Link DWA-131 (1 Ud.)
- Cable:  
Cable RJ-45 de tipo 1000 BaseT cruzado (2 m)

### Alimentación:

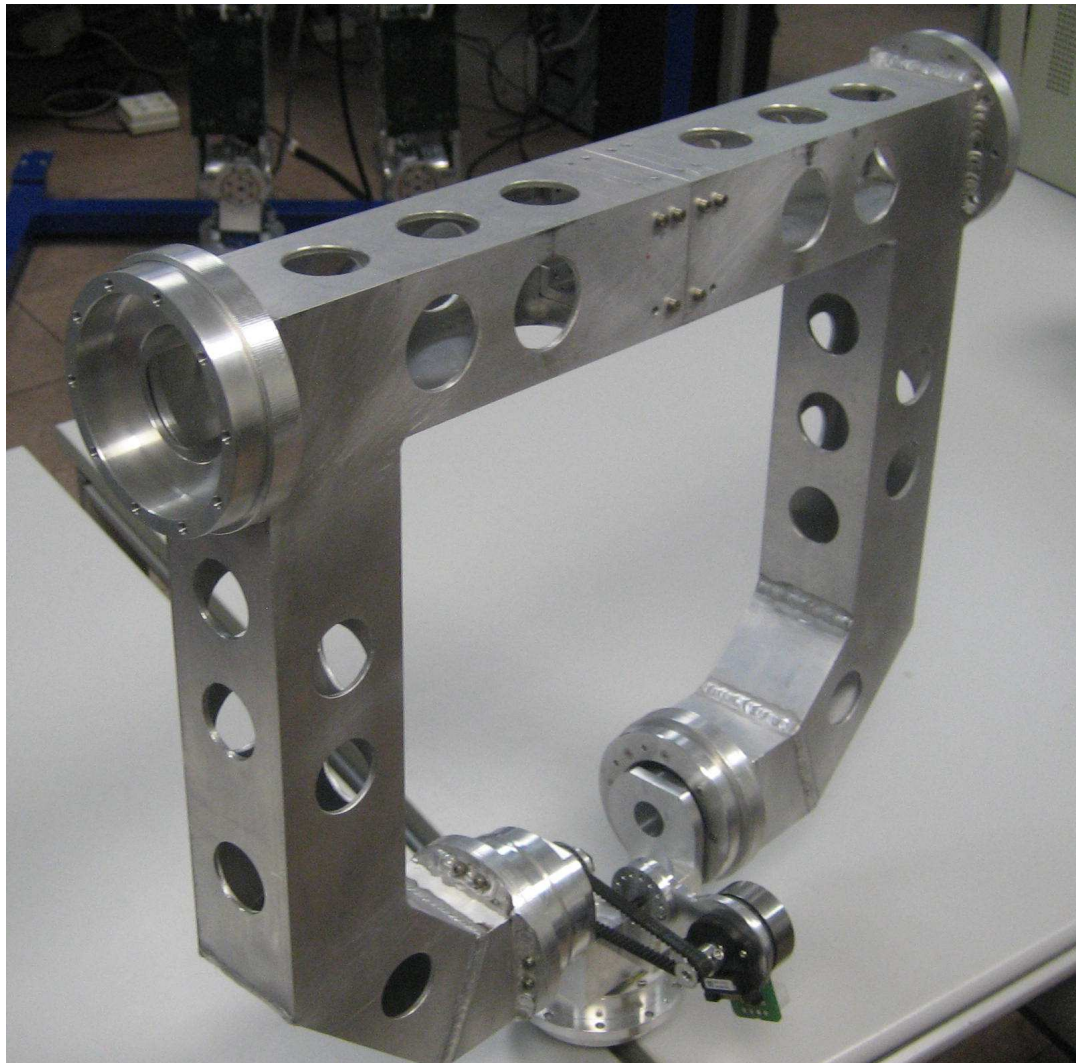
Este sistema se encarga de proporcionar suministro eléctrico a todos los dispositivos de los que se compone el robot humanoide RH-2.

- Sistema de Baterías  
Pila de hidrógeno con dos depósitos para almacenar hidrogeno.
- Reductor:  
Convertidor DC/DC VICOR (1 Ud)

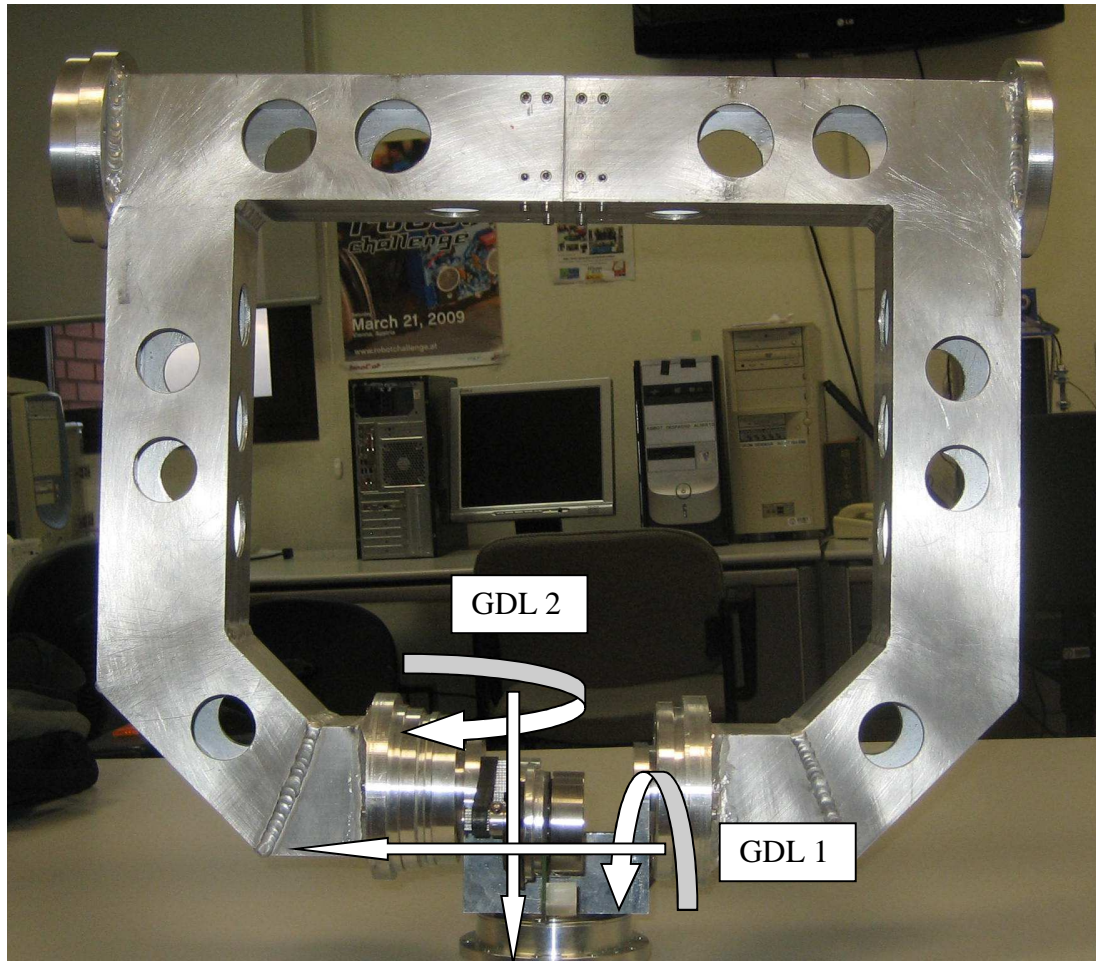
## 2.3 El torso del robot TEO

El robot está dividido en tres partes fundamentales: piernas, brazos y torso. En cada una de estas partes se situarán diferentes componentes y dispositivos.

Nuestro proyecto se centra en el tórax del robot, por lo que hemos tenido que realizar un estudio previo de la forma y dimensiones de la estructura principal del torso. Necesitamos conocer estas dimensiones para poder situar posteriormente, todos los dispositivos hardware que van ubicados en esta zona. La Figura 3 muestra la estructura principal.



**Figura 3.** Estructura principal del torso, perspectiva.



**Figura 4.** GDLs de la estructura principal.

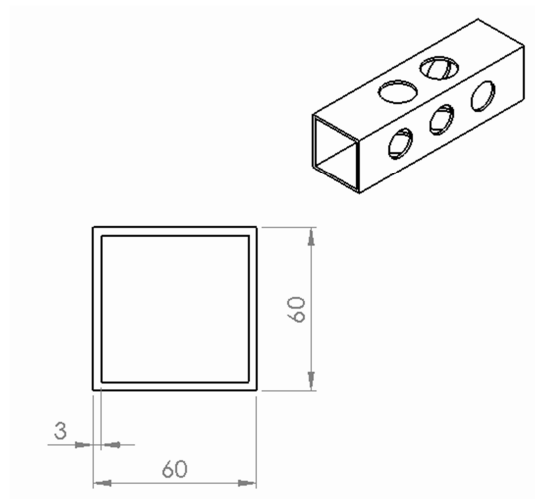
La estructura alberga dos motores, otorgando al torso dos grados de libertad más, uno el plano transversal que le permite el giro en dicho plano sin tener que mover las piernas y otro en el plano frontal que le permite inclinarse y doblar la cadera para poder sentarse. Podemos ver en la Figura 4 los grados de libertad de cada motor.

### 2.3.1 Características

El material que se ha escogido para la fabricación de la estructura ha sido el aluminio, ya que es muy ligero y resistente. Dotando al robot de una gran robustez sin perder ligereza.

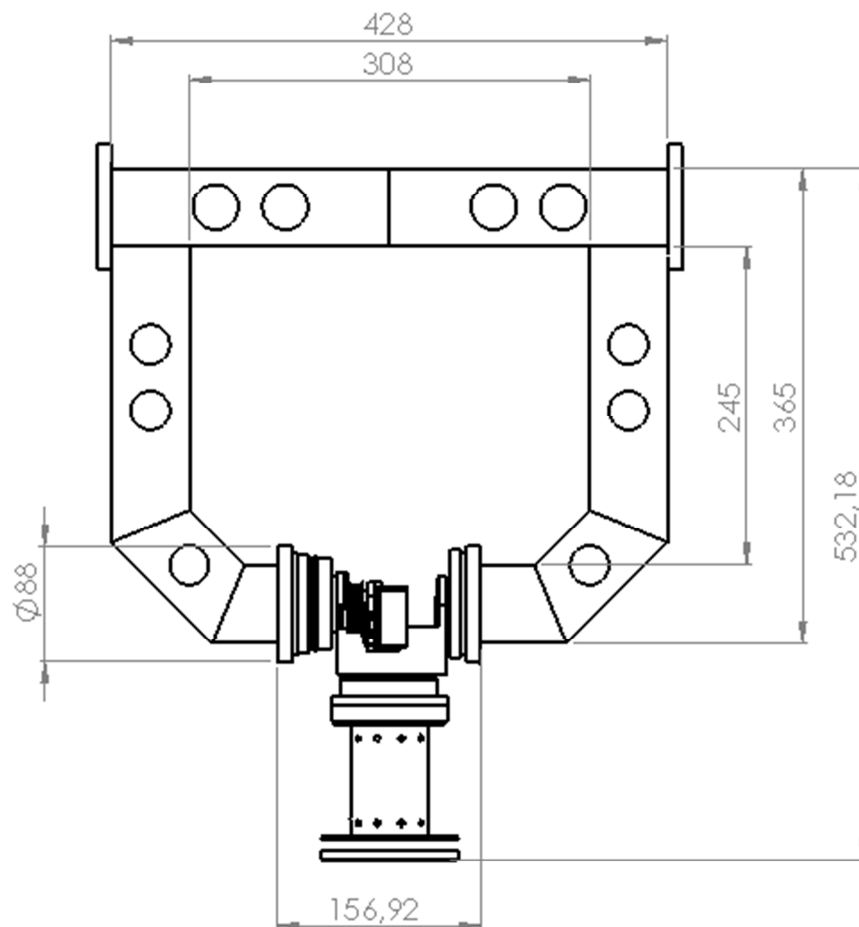
Su estructura se compone fundamentalmente de un tubo hueco, de sección cuadrada, de 60 mm de lado y 3 mm de espesor (Figura 5).





**Figura 5.** Sección cuadrada del tubo de aluminio.

La estructura tiene una altura de 532.18 mm y un ancho de 428 mm. Las medidas interiores son 208 mm de alto y 308 mm de ancho. Posee un peso de 4388.02 g (Figura 6).



**Figura 6.** Dimensiones del torso

## 2.3.2 Arquitectura

La arquitectura propuesta para el humanoide se basa en dos microprocesadores como sistema computacional, uno que envía órdenes a las piernas (caminante), y otro a los brazos (manipulador).

El procesador principal, el caminante, se encargará de procesar la información de los sensores para lograr mantener el equilibrio y lograr una caminata estable. Tendrá dos tarjetas conectadas. Una que contiene el chip con el protocolo CANopen y puede gestionar dos redes Canbus a la vez. Cada red Can (1 y 2) se encargará de controlar los motores de las piernas izquierda y derecha respectivamente. La otra tarjeta PCI sirve de interfaz entre los sensores de fuerza-par-aceleración y el microprocesador.

El procesador secundario, el manipulador, se encargará de controlar el movimiento de los brazos. También será el encargado de controlar y recibir información del entorno, para una vez procesados estos datos actuar en consecuencia y llevar a cabo tareas de manipulación de objetos, evitar obstáculos, navegación, etc. Dispondrá de dos tarjetas PCI. La función de la primera de ellas será controlar los motores de los brazos y el tronco a través de las redes CANbus. La otra tarjeta PCI se utilizará para comunicar los sensores fuerza-par y el microprocesador.

Con esta arquitectura se quiere conseguir un sistema distribuido entre dos microprocesadores principales, que a su vez estén conectados con los microprocesadores de los drivers y encoders. El objetivo de esta división del sistema es obtener un mayor rendimiento y velocidad de cálculo para cada una de las partes.

Para realizar un control sobre la posición de los motores se utilizarán encoders absolutos. Si se conoce la posición del motor, se puede conocer la posición absoluta de la articulación. Estos encoders absolutos irán colocados en el eje de la articulación, dónde pueden medir la posición angular.

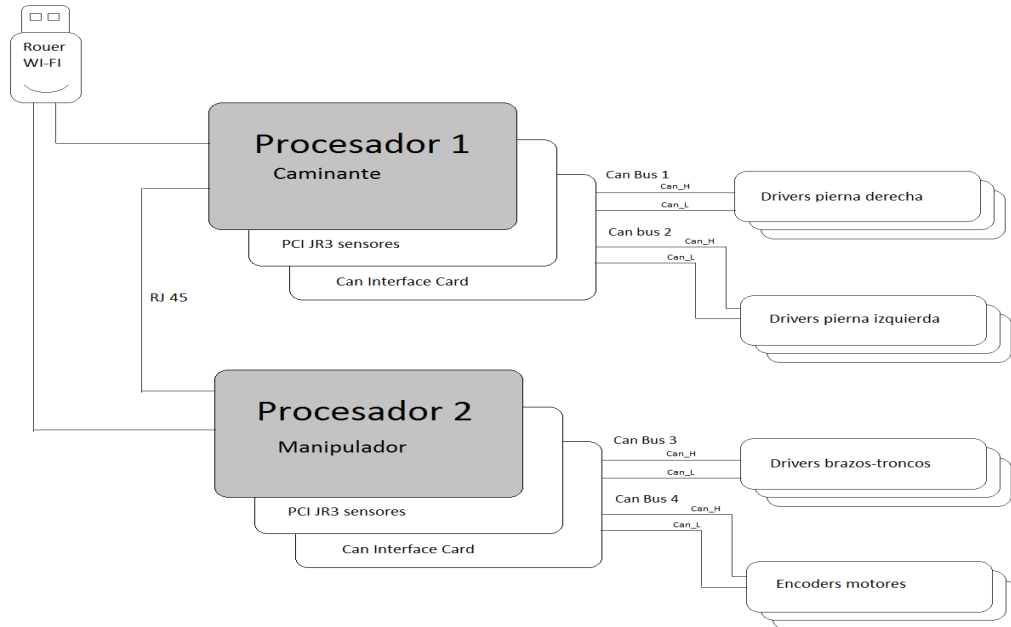
Los motores a utilizar serán motores brushless CC (sin escobillas) de diseño plano que dispondrán de sensores Hall para medir la posición relativa del mismo. A cada motor se le acoplará un encoder relativo en su eje, que funcionando junto con los sensores Hall será capaz de medir la velocidad del motor. Estos dispositivos serán controlados por un driver que será el encargado de procesar la información recibida.

Junto a los anteriores dispositivos para obtener información de la posición del robot, se encuentran los sensores de fuerza-par. Estos sensores se situarán en las muñecas del robot. Su objetivo es calcular la fuerza y el par que ejercen los puntos de apoyo del robot.

El resto de sensores utilizados se conectarán mediante USB 2.0, RS-232 o a través de las entradas digitales que dispone cada microprocesador.

Se utilizará un router wi-fi para crear una red entre los microprocesadores para poder tener conexión con el exterior.

En la siguiente figura se muestra el esquema de la arquitectura hardware propuesta.





### 2.3.3 Dispositivos Hardware

Son varios los dispositivos que debemos posicionar dentro del tórax, forman parte de los sistemas de control, de los sistemas de sensorización y de los sistemas de comunicación que posee el robot.

A continuación veremos cuáles son estos dispositivos que características tienen y cuál es su función y que especificaciones deben cumplir.

#### CPU Kino-9454



**Figura 7.** Kino – 9454

Son dos CPU de la marca IDI technology Corp modelo Kino-9454 Intel D, que controlan todo nuestro robot tanto movimientos como comunicaciones. Son los dispositivos de mayor tamaño y son los más importantes de ubicar ya que tenemos que ver la forma de que queden bien instalados teniendo en cuenta que se tienen que conectar un gran número de cables y que estos deben de quedar instalados con holguras, evitando codos o pinzamientos innecesarios y a los que se pueda acceder sin dificultad. Una vez colocados todos los dispositivos, para que cuando sea necesario acceder a ellos no sea un impedimento su colocación. También deben de disponer de una buena ventilación.

#### Características

- Procesador Dual-core intel®
- Memoria DDR2
- SATA II con velocidad de 3.0Gb/s
- Dos ranuras PCI
- Múltiples opciones de almacenamiento
- 40 pines IFM para HDD de .5"
- Soporta PCI Express x 16

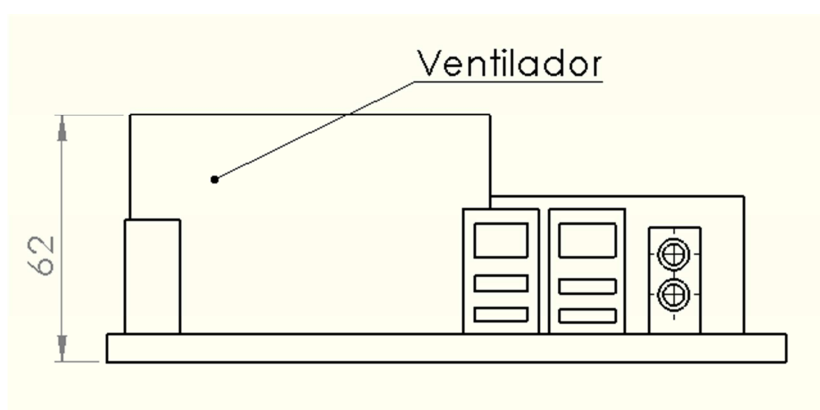
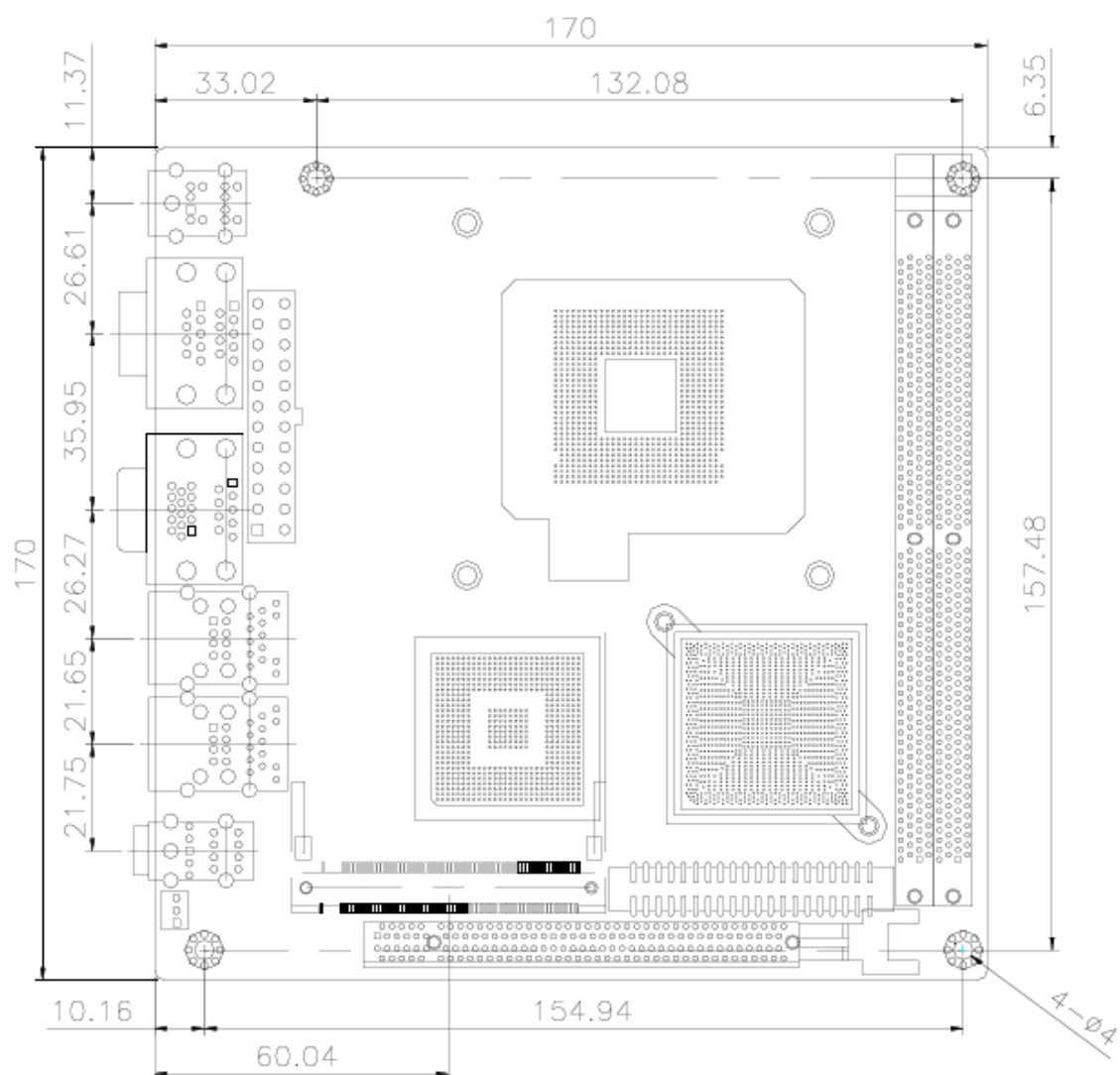
#### Características físicas

- Medidas: 170x170x62 mm (largo, ancho y alto)
- Peso: 1100 g

#### Especificaciones

- Facilitar la ventilación del microprocesador.
- Dejar libres los conectores.

### Dimensiones



**Figura 8.** Dimensiones microprocesador Kino-9454

## Driver ISCM 8005



**Figura 9.** Driver ISCM 8005

Este es el driver ISCM 8005 de la marca Technosoft, que proporciona un controlador de movimiento con funciones PLC incluidas y un amplificador. Sus reducidas dimensiones lo hacen excelente para nuestro proyecto. Posee un controlador integrado en el que se pueden programar complejos comandos de control para que se ejecuten de forma autónoma.

### Características

- puertos LAN, uno se usará para la conexión punto a punto y otro para la conexión a la red a través del router.
- puertos USB, para la conexión de sensores o periféricos de entrada y salida.
- 8 entradas y salidas digitales, para la conexión y manejo sencillo y rápido de señales digitales de sensores.
- Una ranura PCI, para la conexión del sensor de fuerza-par.
- Una ranura mini-PCI, para la conexión de las tarjetas Can bus.
- Un puerto RS-232, para la conexión con el PC.
- Dispone de una ampliación máxima de 3GB de memoria

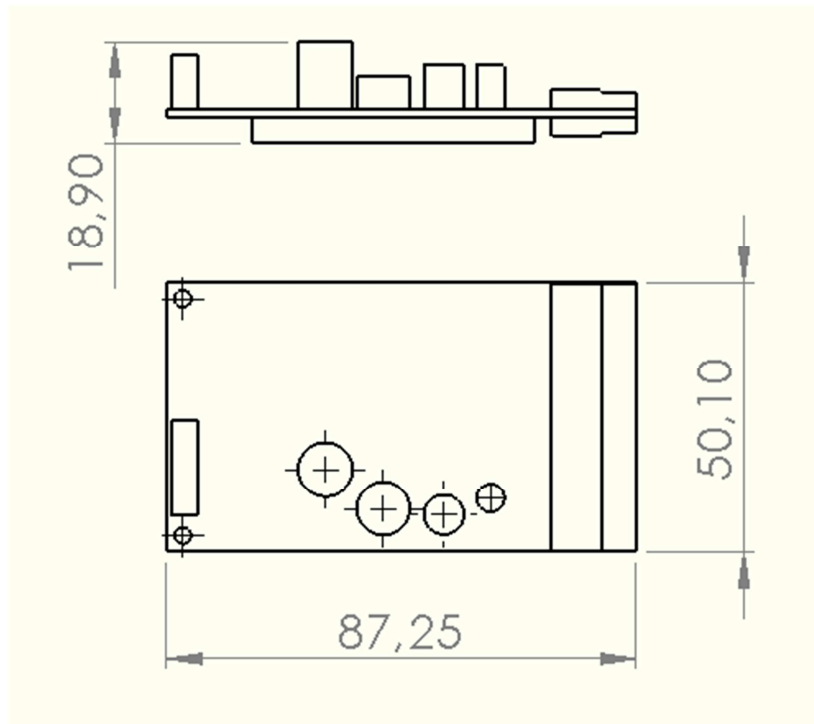
### Características físicas

- Dimensiones: 87.25x50.10x18.9 mm (largo, ancho y alto)
- Peso: 35g

### Especificaciones:

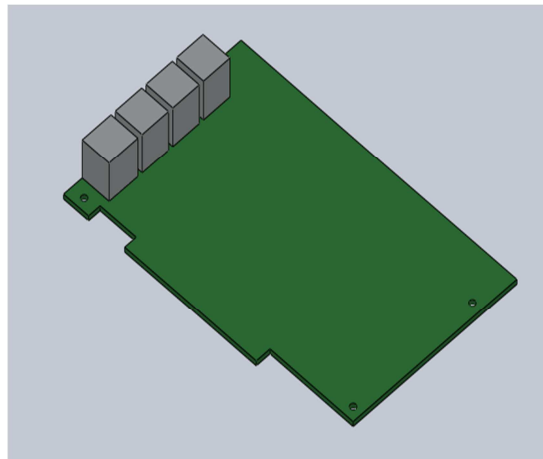
- La altura mínima entre dos drivers debe ser de 35 mm

### Dimensiones



**Figura 10.** Dimensiones driver

### Tarjeta adquisición sensor fuerza par



**Figura 11.** Tarjeta adquisición sensor fuerza par

Se usa como interfaz entre los sensores de fuerza par y el microprocesador. Suministran la alimentación a los sensores y transmiten todos sus datos al microprocesador a través de una conexión PCI.

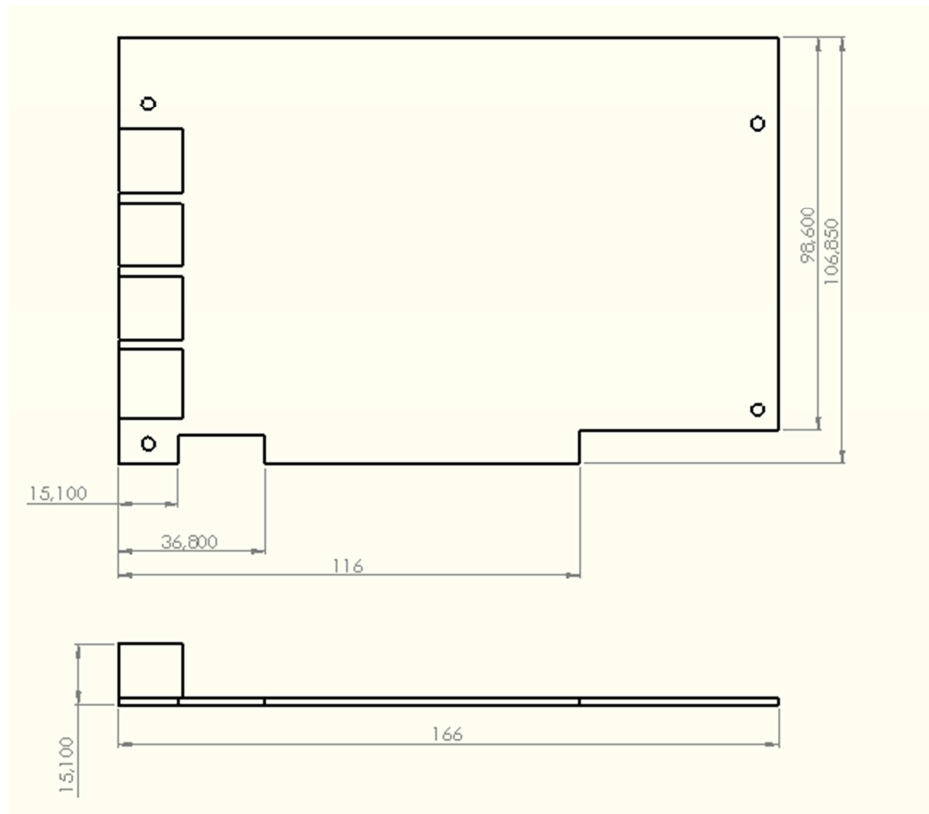
#### Características físicas

- Dimensiones: 166x106.85x15.1 mm (largo, ancho y alto)
- Peso: 85.2 g

### Especificaciones:

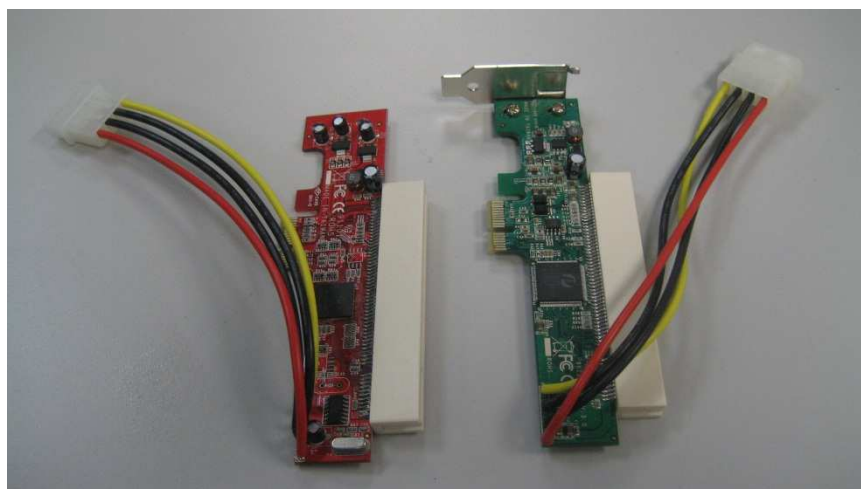
- Dejar libres los conectores.

### Dimensiones



**Figura 12.** Dimensiones c  
ontrolador sensor fuerza par.

### Adaptador PCI-Express a PCI (CR95)



**Figura 13.** Adaptador PCI a miniPCI (CR95)

Adaptador de slot PCI a PCIe (PCI-Express). Permite utilizar tarjetas PCI en un slot PCIe de 1X. Dispone de un slot macho PCIe de 1X y un slot hembra PCI de 32-bit en el que se insertan las tarjetas PCI. Si se utilizan tarjetas PCI de altura estándar, el resultado final será una tarjeta PCIe más alta de lo normal. Si se utiliza una tarjeta PCI tipo Flex-ATX (de perfil bajo), la altura resultante de empalmar ambas, será una tarjeta PCIe de altura estándar.

### Características

- PCI Express 1X de 2.5 Gbps.
- Soporta tarjetas PCI de 32-bit 33 MHz.
- Compatible con PCIe V-1.
- Compatible con PCI V-2.3.
- Incluye conector de alimentación de 5V y 12V de tipo MOLEX 4-pin que se conecta a la fuente de alimentación interna.
- Soporta PCI de 3.3V/1A, 3.3Vaux/100mA, 5V/5A y 12V/500mA.

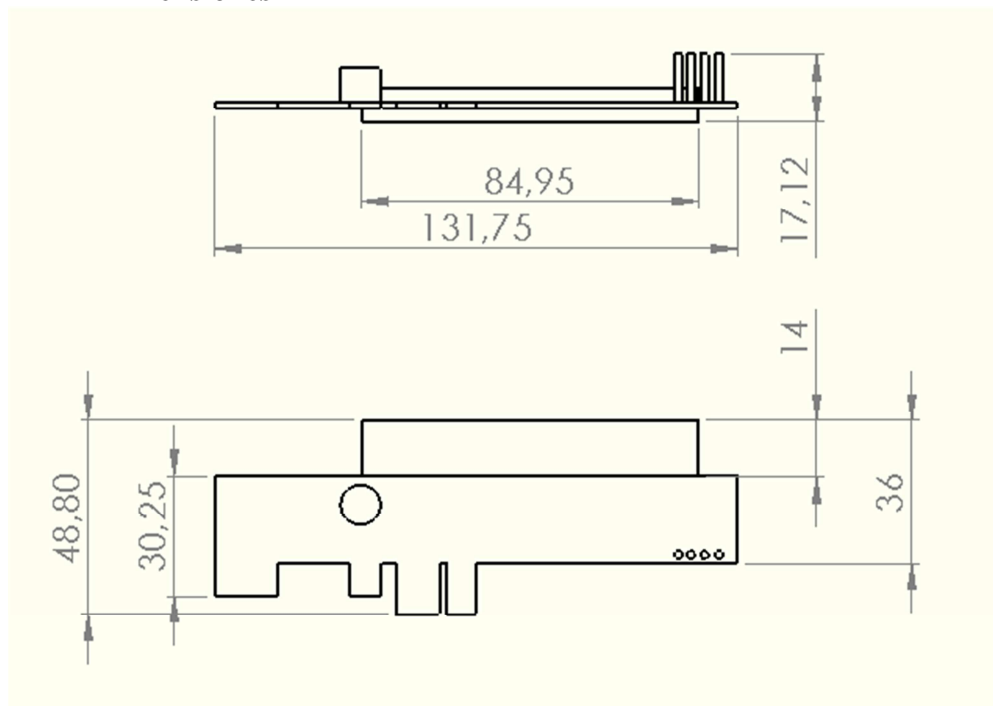
### Características físicas

- Dimensiones: 131.75x48.8x17.12 mm (largo, ancho y alto)
- Peso: 68.5

### Especificaciones:

- No pinzar el cable.
- Dejar libre el conector PCI,

### Dimensiones



**Figura 14.** Dimensiones PCI-Express a PCI (CR95)

### Pila H1000XP



**Figura 15.** Pila de hidrógeno.

La pila de combustible o de hidrógeno es un sistema electroquímico en los que la energía de una reacción química se convierte directamente en electricidad. A diferencia de la pila eléctrica o batería, una pila de combustible no se acaba ni necesita ser recargada; funciona mientras el combustible y el oxidante le sean suministrados desde fuera de la pila. Una pila de combustible consiste en un ánodo en el que se inyecta el combustible, en nuestro caso hidrógeno y un cátodo en el que se introduce un oxidante, normalmente aire u oxígeno. Los dos electrodos de una pila de combustible están separados por un electrólito iónico conductor [9].

Su principio de funcionamiento es inverso al de una electrólisis. Por ejemplo, en la electrólisis del agua, se separa este compuesto en sus dos componentes, hidrógeno y oxígeno, mientras que en una pila de combustible se obtendría una corriente eléctrica por medio de la reacción entre estos dos gases.

#### Características

- Combustible: hidrogeno
- Oxidante: aire

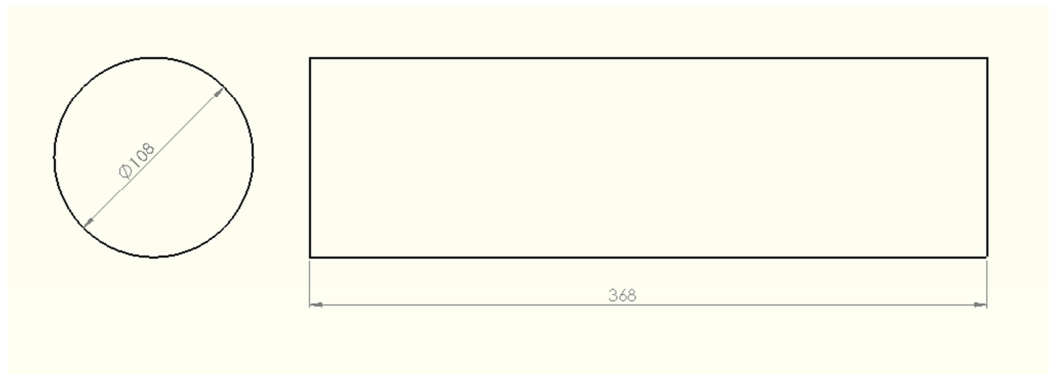
#### Características físicas

- **Pila**
  - Dimensiones: 131.75x48.8x17.12 mm (largo, ancho y alto)
- **Depósito**
  - Dimensiones: 1368x108 mm (largo, diámetro)

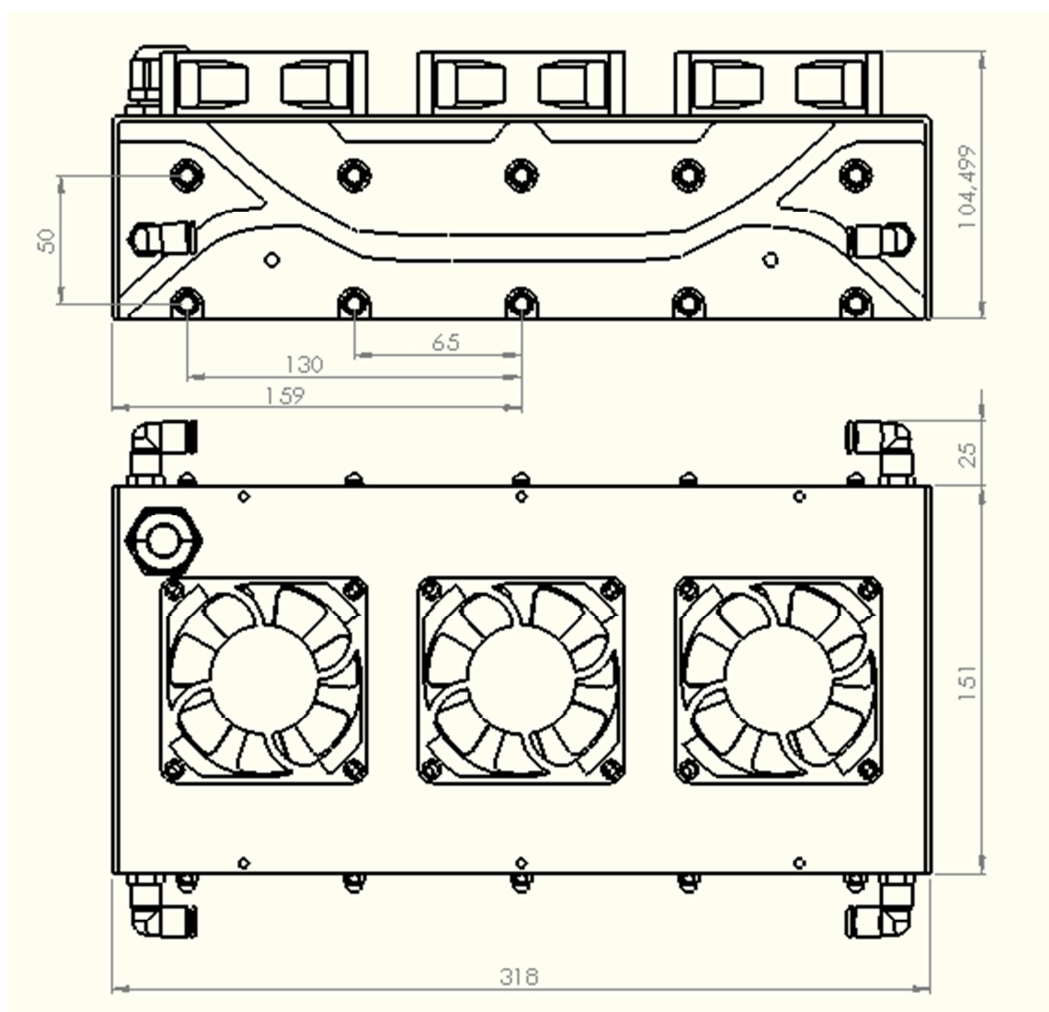
#### Especificaciones

- Dejar libre la entrada de aire superior e inferior.

## Dimensiones



**Figura 16.** Dimensiones depósito



**Figura 17.** Dimensiones pila



# **Capítulo 3**

## **Desarrollos mecánicos para el torso del robot TEO**

## 3.1 Especificaciones

Todos los diseños de este proyecto se realizarán acorde a las especificaciones que enumeramos a continuación.

- **Ligereza:** El peso de las estructuras diseñadas debe ser lo más ligero posible, para disminuir el peso total del tórax. Disminuyendo el peso del robot se consigue un menor esfuerzo por parte de los motores, lo que conlleva un menor gasto de corriente. Con esto se consigue reducir el tamaño y la tensión de la batería, obteniendo una autonomía mayor.
- **Robustez:** El conjunto diseñado debe ser lo más robusto posible, es decir, se deben sujetar con firmeza todo el conjunto de estructuras y componentes hardware. Este conjunto debe soportar las vibraciones y movimientos del robot en funcionamiento.
- **Flexibilidad y versatilidad:** Se debe permitir el cambio componentes sin afectar a la estructura global, ya sea modificando la estructura o que debido a su forma posibilite añadir componentes de dimensiones variadas. La forma de las estructuras debe permitir añadir componentes o cambiar los existentes sin que se vea afectado el conjunto.
- **Fabricación simple y económica:** Tanto las estructuras como los circuitos impresos deben diseñarse de forma que su fabricación sea lo más barata posible, ya sea porque el método empleado en la fabricación sea barato o que el material usado sea económico.
- **Montaje y desmontaje simple:** El conjunto estructura y dispositivos debe poder ser extraído y montado de una forma simple y rápida, por si hubiera que realizar tareas de mantenimiento o similar.

## 3.2 Modelado de dispositivos

Para el diseño de las estructuras se ha utilizado un entorno 3D que nos permite crear y simular piezas sin necesidad de implementarlas. Se ha realizado un modelo tridimensional de cada componente y con estos modelos se han diseñado los distintos prototipos de estructuras que se muestran en este capítulo.

### 3.2.1 Herramientas de diseño

SolidWorks es un Software de diseño mecánico en 3D cuya principal diferencia con respecto a otros programas de su misma clase reside en que el dibujo se realiza de un modo paramétrico. De esta manera, las operaciones realizadas pueden editarse una vez visto el resultado.

Esta característica lo convierte en una excelente herramienta para el diseñador industrial ya que, además de poder realizar un dibujo tridimensional con relativa sencillez y de forma muy rápida, resulta sencillo añadir, suprimir o modificar las partes o dimensiones cuyo resultado no sea el deseado una vez obtenido el 3D, modificándose a tiempo real toda la planimetría que hayamos generado de dicha pieza.

Ofrece un rendimiento incomparable, facilidad de uso. Permite reducir los pasos necesarios para completar un diseño, disminuyendo la confusión visual y minimizando el cansancio con un conjunto de funciones de visualización y control intuitivas que permiten una interacción real con el usuario

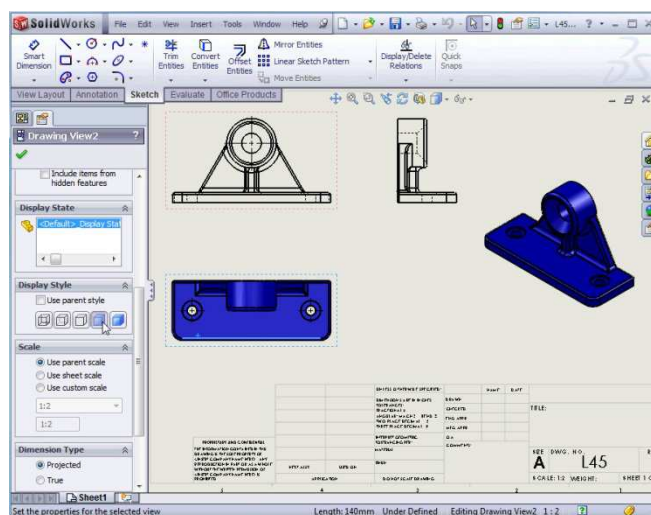


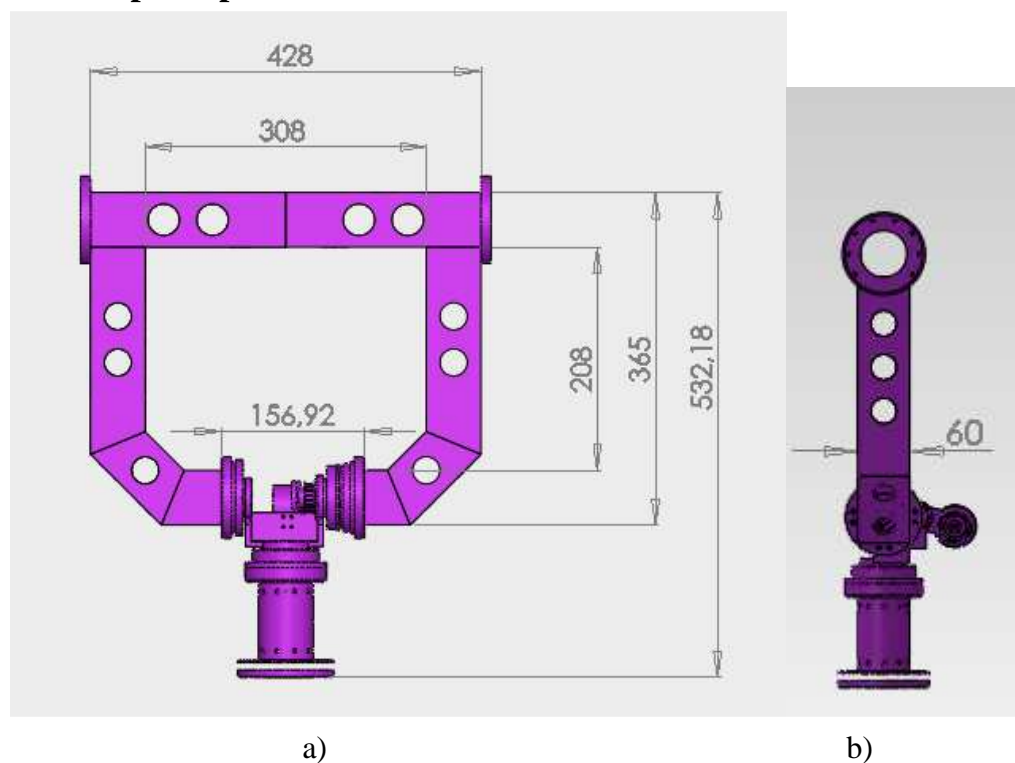
Figura 18. Programa SolidWorks

### 3.2.2 Modelado

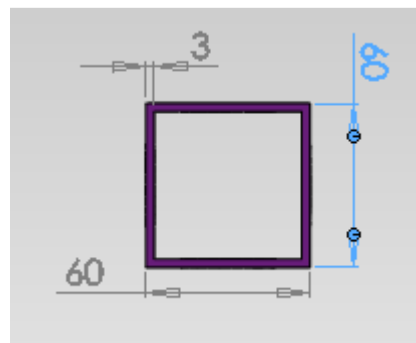
En esta sección se muestran los modelos realizados en 3D con SolidWorks de los distintos componentes que han sido necesarios para el estudio de las distintas posibles ubicaciones de los dispositivos.

El modelo del que se parte es el de la estructura principal del tórax, ya que en ella se basa todo este proyecto. En la Figura 19.a se ve el alzado y en la Figura 19.b el lateral del modelo y en Figura 20 vemos la sección de tubo cuadrado que forma la estructura.

#### Estructura principal



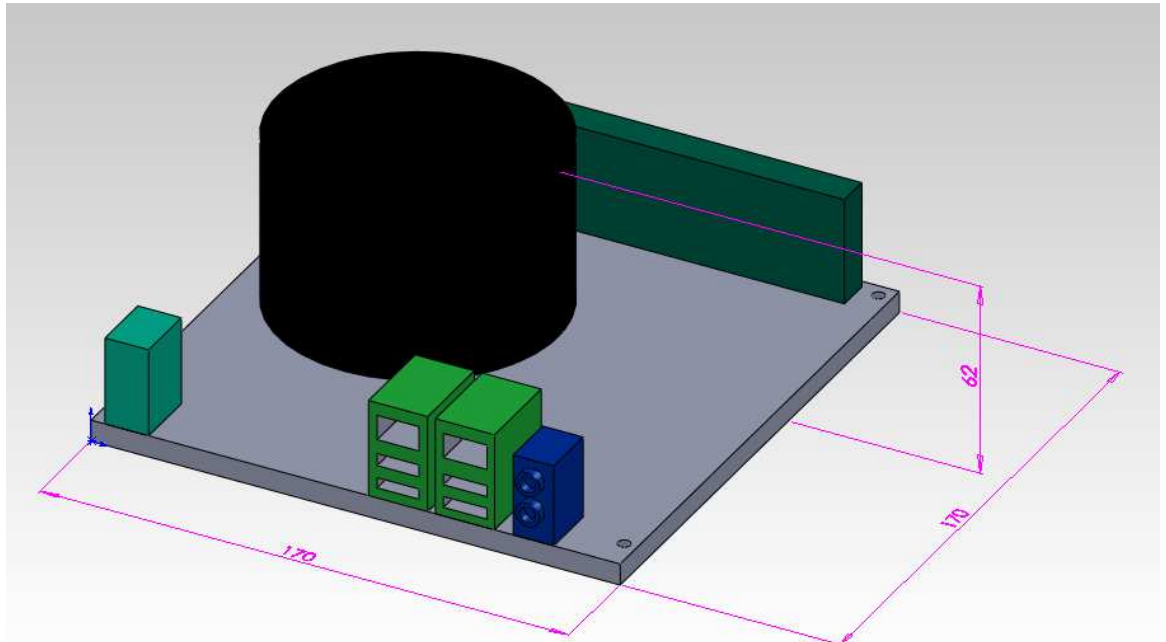
**Figura 19.** Modelo de la estructura principal del tórax: a) Alzado y b) perfil derecho



**Figura 20.** Sección estructura principal

### CPU Kino-9454

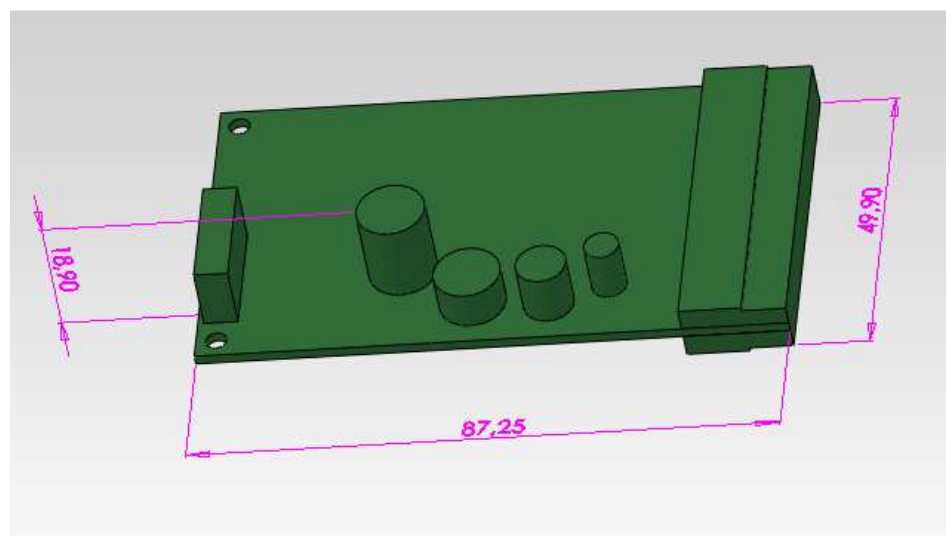
También se tiene el modelo de la CPU Kino-9454 que se puede ver en la Figura 21. En este modelo el elemento más influyente es el ventilador.



**Figura 21.** Modelo CPU Kino-9454

### Driver ISCM 8005

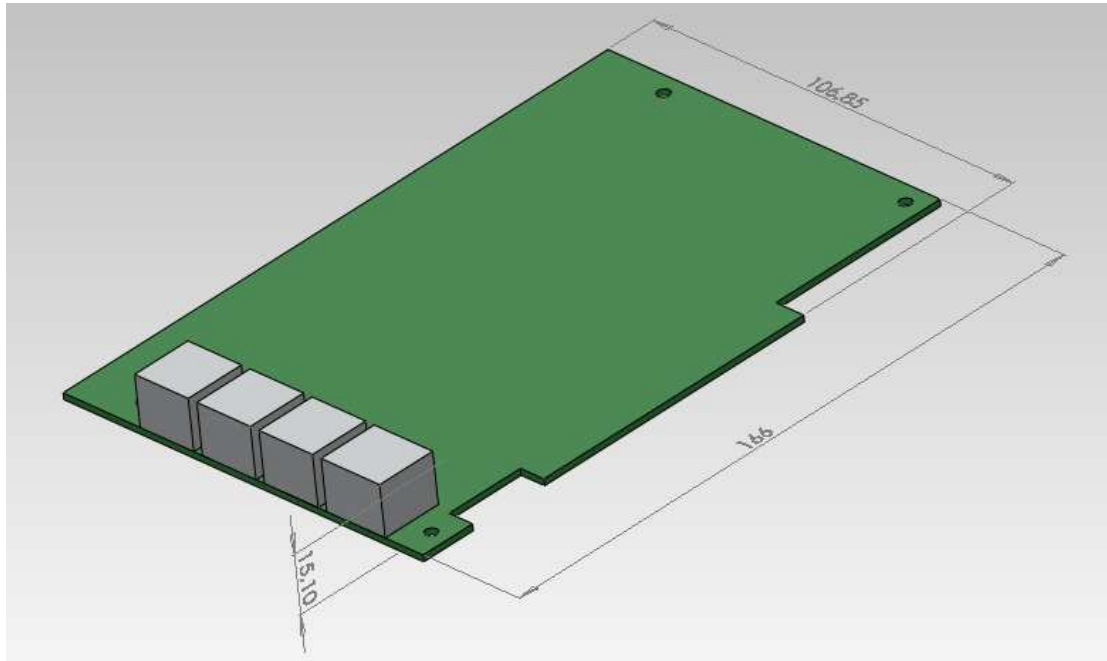
El modelo de la Figura 22 representa el driver utilizado para controlar los motores del robot.



**Figura 22.** Modelo Driver ISCM 8005

### Tarjeta adquisición sensor fuerza par

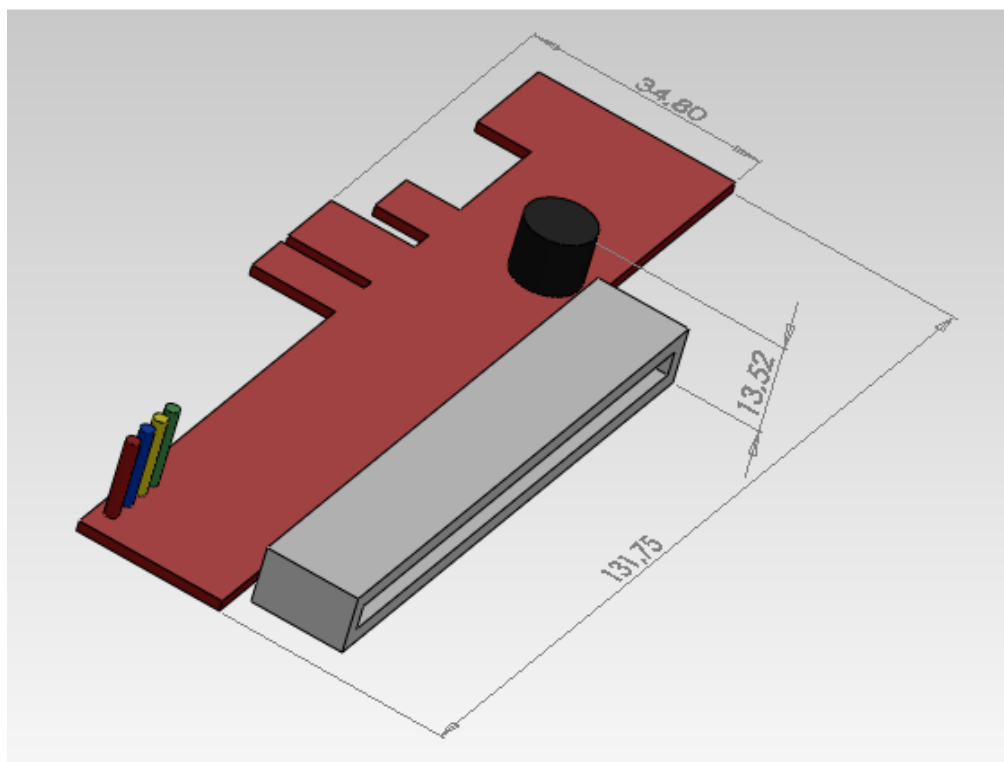
La tarjeta de adquisición de datos de la Figura 23 actúa de interfaz entre el sensor fuerza par y la CPU



**Figura 23.** Modelo tarjeta adquisición sensor fuerza par

### Adaptador PCI-Express a PCI (CR95)

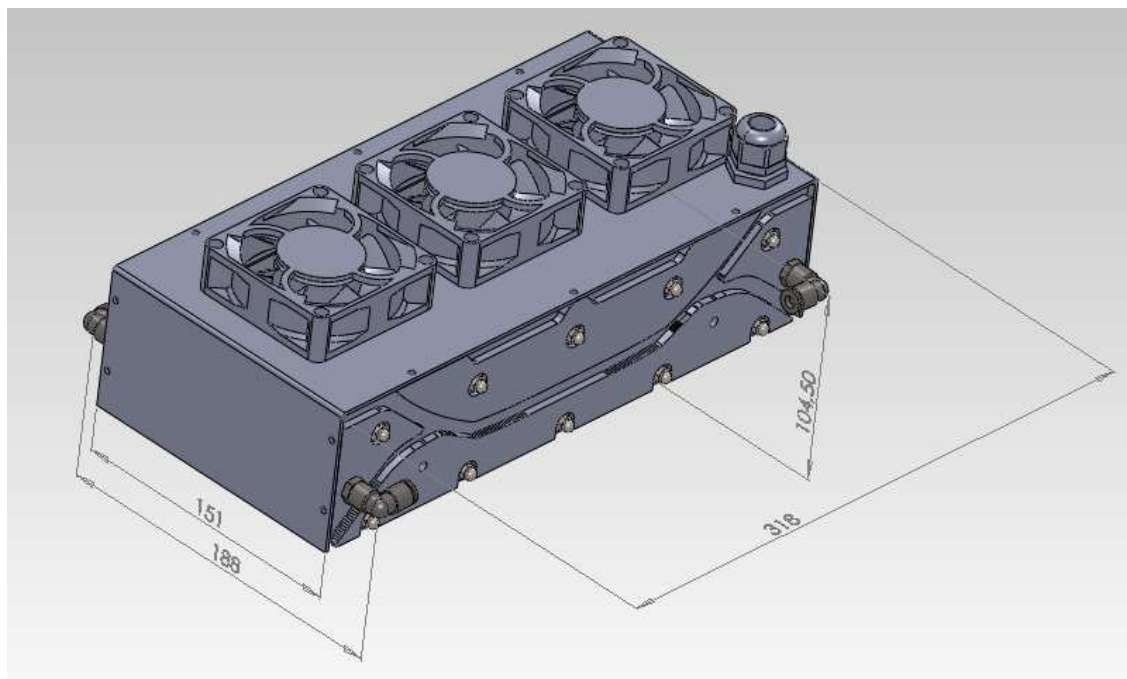
Este adaptador se utiliza para poder conectar la tarjeta de adquisición a la CPU



**Figura 24.** Modelo Adaptador PCI-Express a PCI (CR95)

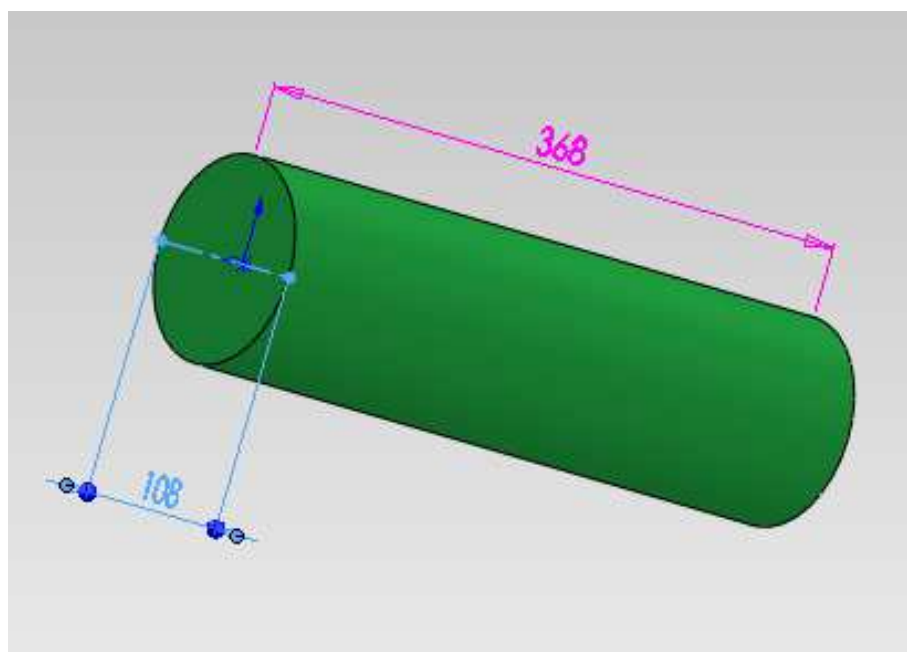
### Pila H1000XP

Forma parte del sistema de baterías, transforma el oxígeno y el hidrógeno en electricidad



### Depósito

En estos depósitos se almacena el hidrógeno para generar la electricidad.



**Figura 25.** Modelo Depósito

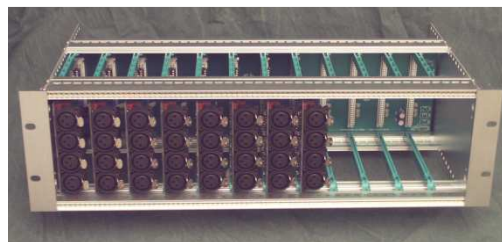


## 3.3 Evolución del diseño de estructuras

En esta sección se van a mostrar los prototipos que se han ido desarrollando para sujetar cada componente y por qué se han descartado, hasta dar con el diseño más adecuado.

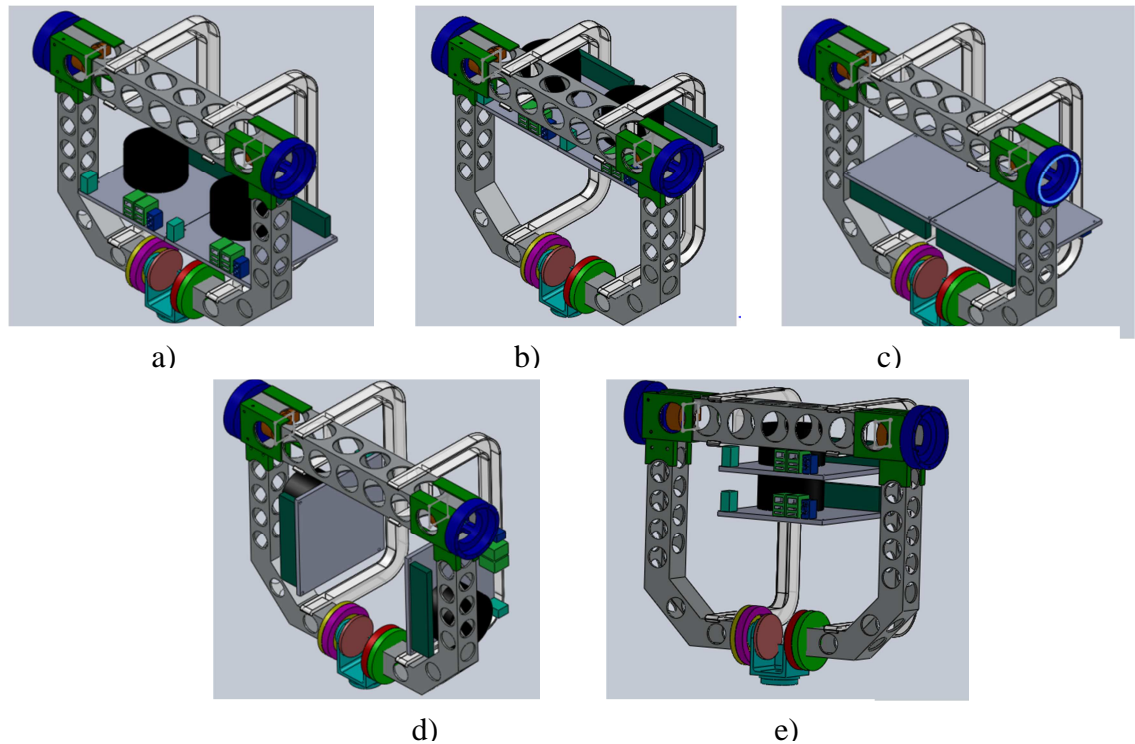
### Ideas de partida

Comenzamos con el diseño de una estructura que se acople a la estructura principal en la que se colocarán principalmente las CPUs.



**Figura 26.** Ejemplo de estructura con raíles

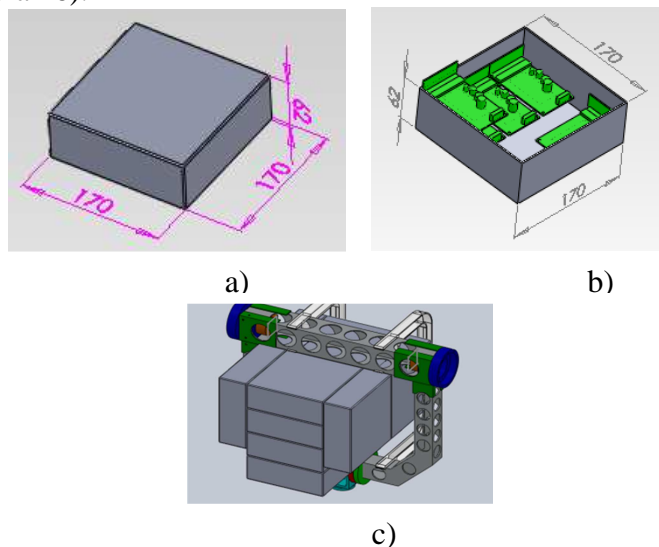
En un principio, se pretendía colocar los dispositivos en unos raíles, de modo que pudieran entrar y salir fácilmente por si fuese necesario un mantenimiento o su sustitución. Podemos ver un ejemplo de este tipo de estructuras en la Figura 26. Para ver cómo colocar estos raíles se hacen varias pruebas con distintas colocaciones de las CPUs y se observa el espacio disponible para el resto de dispositivos. En la Figura 27 presentamos varios ejemplos de estas colocaciones.



**Figura 27.** Distintas configuraciones de las CPUs:

*a) Alineadas abajo, b) alineadas arriba, c) alineadas hacia abajo, d) a ambos lados y e) alineadas una encima de otra.*

Con las simulaciones de la Figura 27 no se puede apreciar claramente la cantidad de espacio disponible para alojar los demás dispositivos por tanto, se buscan otras formas de colocar los dispositivos. Una de las formas estudiadas consistía en coger el volumen de un microprocesador como volumen unidad (Figura 27.a) y trasladarlo tantas veces como fuese posible por el espacio disponible (Figura 27.c). La idea era construir un cubo unidad en el que introdujésemos los dispositivos (Figura 27.b) y este a su vez se introdujese en los raíles (Figura 26).



**Figura 28.** Ejemplo de colocación del hardware: a) Cubo unidad, b) dispositivos dentro del cubo unidad y c) Posiciones de los cubos unidad en la estructura,

Después de estos diseños se decide crear dos estructuras: una estructura se acoplará a la estructura principal por delante (donde se pondrán las CPUs, los drivers, etc.) y la segunda estructura se acoplará por detrás (donde irán la pila y los depósitos de hidrógeno del sistema de alimentación).

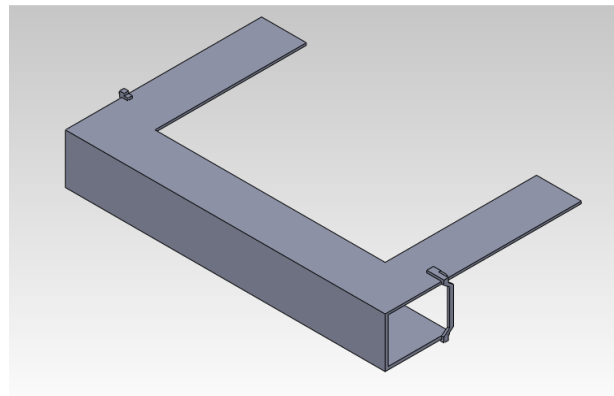
Esta separación entre el sistema de baterías y el resto de componentes hace posible dividir la estructura en dos estructuras independientes, con lo que se consigue facilitar el montaje de las mismas al dividir el peso entre las dos. Esta división hace el proyecto más versátil, facilitando a su vez, el montaje y sustitución de componentes. Por ejemplo, si en un futuro se decide sustituir el sistema de baterías por uno distinto, solo haría falta modificar la estructura de la batería, sin afectar al resto de estructuras.

Por otra parte, esta separación, nos permite dejar a un lado el diseño de la sujeción de las baterías, que todavía no se habían terminado de diseñar, pudiendo continuar con el diseño de la otra estructura, de la cual si se disponían de las características físicas de los componentes a emplear.

## Estructura Anterior

- **Soporte CPU Prototipo 1**

El diseño de la estructura delantera comienza con el prototipo Soporte CPU 1 de la Figura 29. Consta de una lámina de metal de 3 mm de espesor, con forma de U, que envuelve a la estructura principal y los componentes van fijados en la parte superior. Pesa 1090.52 gramos



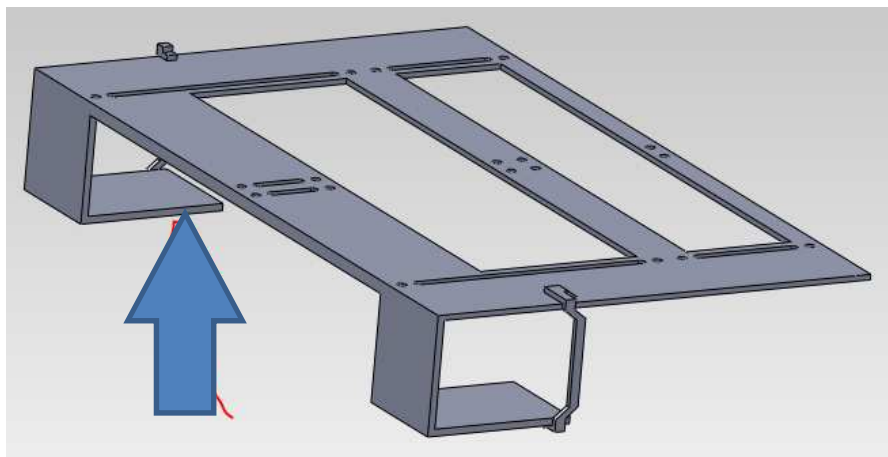
**Figura 29.** Soporte CPU Prototipo 1

- **Prototipo Soporte CPU 2**

Es el siguiente prototipo del Soporte CPU 1. Se sigue usando una lámina de aluminio de 3 mm de espesor y Pesa 705.87 gramos. Como podemos ver en la Figura 30 se añaden dos uniones para dar firmeza. Se crean unos raíles en la estructura para tener una mayor versatilidad a la hora de colocar los dispositivos que soportara, ya que si en un futuro se ve necesario cambiar la posición de estos dispositivos o incluso añadir nuevos dispositivos podemos redistribuir los

dispositivos y la estructura que los soporta sin tener que modificar la estructura que sujeta todo el conjunto.

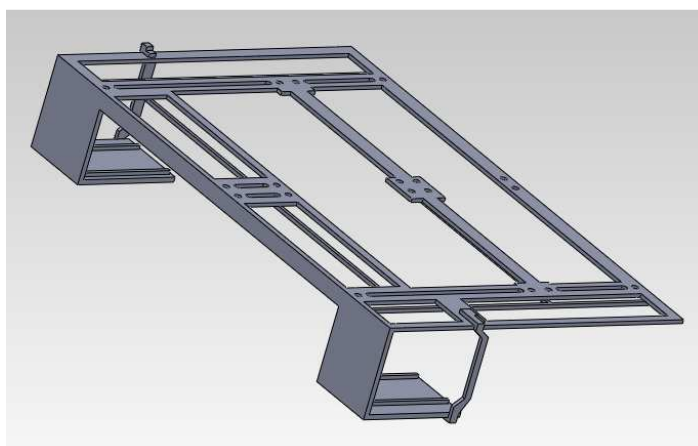
También se le practica un corte para salvar los tornillos que hay en la parte superior de la estructura principal creados para sujetar la cabeza del robot (Figura 30).



**Figura 30.** Soporte CPU Prototipo 2

- **Prototipo Soporte CPU 3**

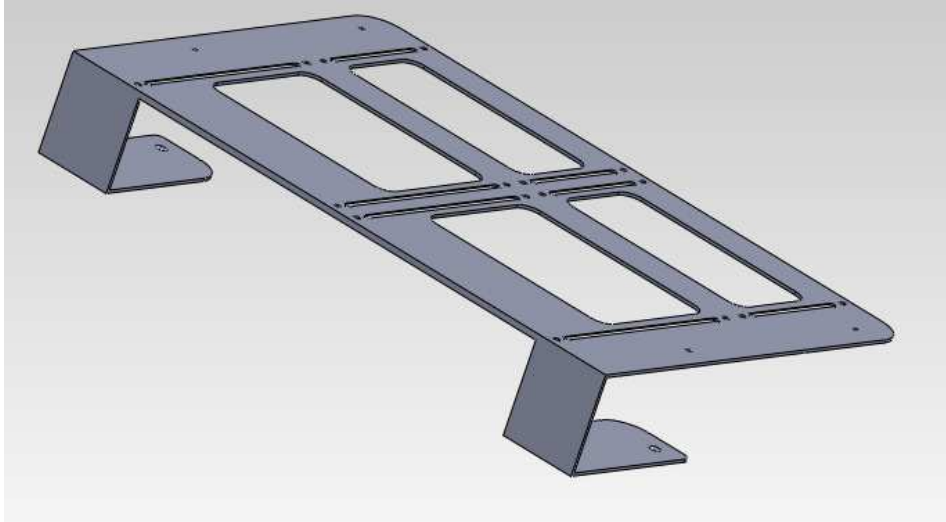
En este prototipo se persigue reducir aún más el peso de su anterior prototipo, para ello se le practican unos vaciamientos, consiguiendo reducir la pieza a 516.35 gramos. Aunque se han añadido unas columnas no dan la suficiente rigidez para soportar todo el componente. Por ello aunque se ha conseguido reducir el peso esta pieza se descarta. Procediendo a realizar una versión mejorada del prototipo 2.



**Figura 31.** Prototipo Soporte CPU 3

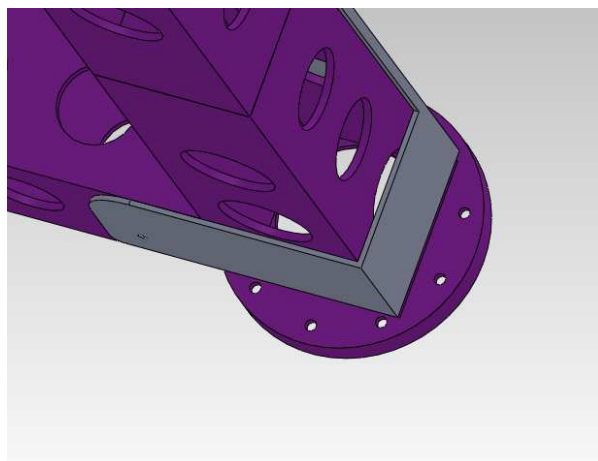
- **Prototipo Soporte CPU 4 (Prototipo seleccionado)**

Es la segunda versión del soporte CPU 2 y el prototipo definitivo que soportará los componentes. Se pasa de un espesor de 3 a 2 mm con lo que se reduce el peso a 447.40 g. Se han añadido dos uniones más para dar mayor resistencia a la pieza y se han redondeado todos los cortes. También se han avellanado los agujeros y los raíles.



**Figura 32.** Soporte CPU definitivo.

Esta estructura se acopla a la estructura principal gracias a las dos solapas que la envuelven, dándole sujeción y firmeza. En la Figura 33 se observa un detalle de esta forma. Se han estudiado varios métodos de sujeción y se escogió la mostrada por su fácil fabricación y porque el espacio utilizado para tal efecto es mínimo, comparado con otros tipos de anclaje, pudiendo reducir el espacio global del tronco para que el volumen de la carcasa que recubra nuestro RH-2 pueda ser menor.



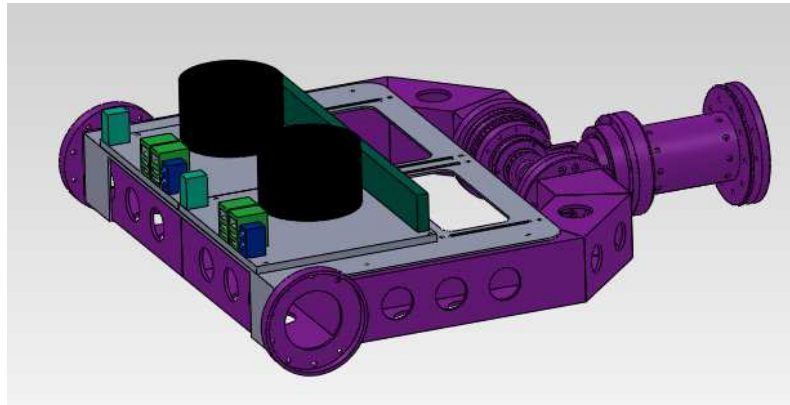
**Figura 33.** Sujeción estructura delantera a la estructura principal.

Todos los orificios para los tornillos y los raíles han sido avellanados para que la cabeza de los mismos se introduzca en la estructura y

estos no sobresalgan, ya que no hay espacio entre la lámina de metal y la estructura principal y sin la realización de estos avellanados habría que separar ambas piezas dando lugar a posibles movimientos de la estructura al quedar sin un apoyo uniforme.

Las esquinas de la pieza han sido fresadas dándoles una forma circular para eliminar salientes y evitar dañar otros elementos del robot que pasan por estas zonas, como pueden ser por ejemplo los cables.

Después de tener el diseño del Soporte CPU definitivo se comprueba que, en una única superficie, no se pueden colocar todos los dispositivos como podemos ver en la Figura 34. Así que, se procede al diseño de unas baldas, que a modo de estantería, dotan a la estructura de una mayor superficie donde poder alojar los componentes

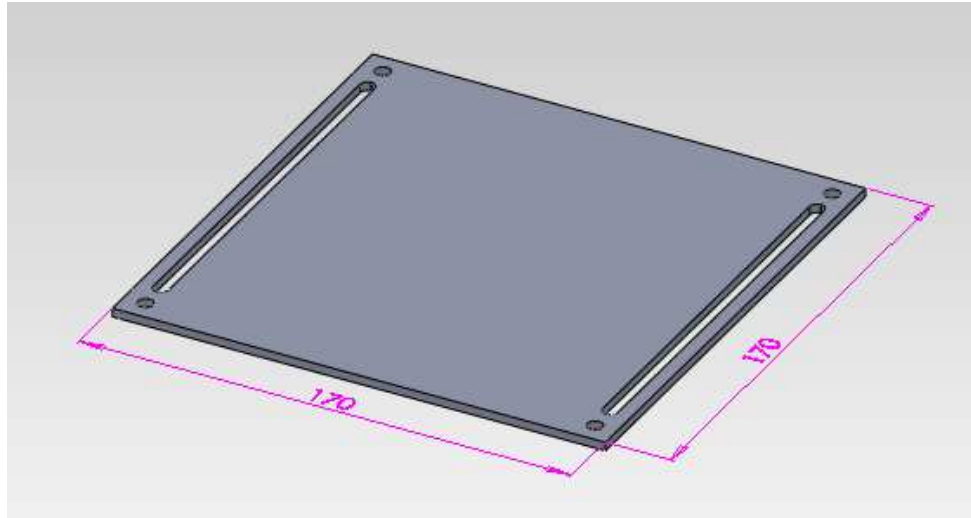


**Figura 34.** Montaje soporte CPU y CPU.

- **Prototipo Balda 1 (Prototipo seleccionado)**

Se toman como referencia la CPU, haciendo que la balda tenga las mismas dimensiones que esta, 170x170 mm. Se diseña en aluminio con un espesor de 3 mm, obteniendo un peso de 221.8 g. Al ser un peso muy elevado se decide cambiar el material empleado por plástico, que tiene una densidad mucho menor. Con este cambio se consigue un peso de 79.68 g. Se realiza un taladro en cada esquina para poder atornillar los soportes de cada balda y unos raíles para fijar los componentes. Podemos observar este prototipo en la Figura 35.

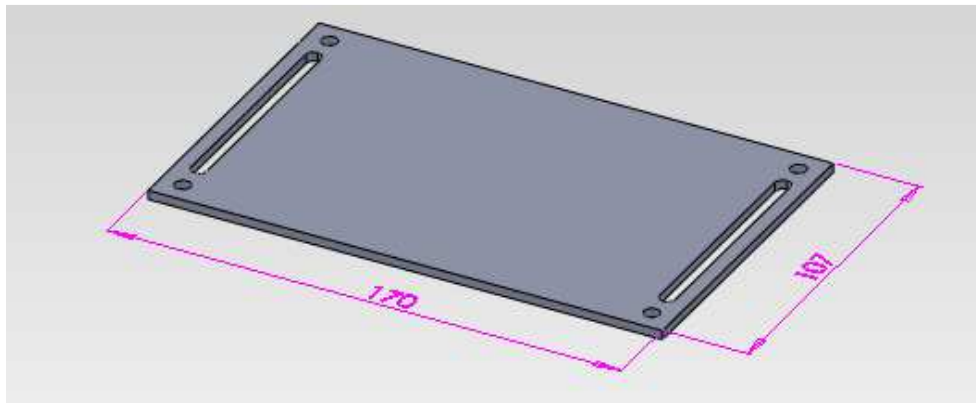




**Figura 35.** Prototipo Balda 1

- **Prototipo Balda 2 (Prototipo seleccionado)**

Se diseña una segunda balda igual que la anterior pero con unas dimensiones inferiores, para aprovechar el espacio sobrante en el soporte CPU, al colocar las baldas anteriores. Se construye también en plástico de un espesor de 3 mm y unas medidas de 170x107 mm. En la Figura 36 se muestra el modelado de esta pieza.

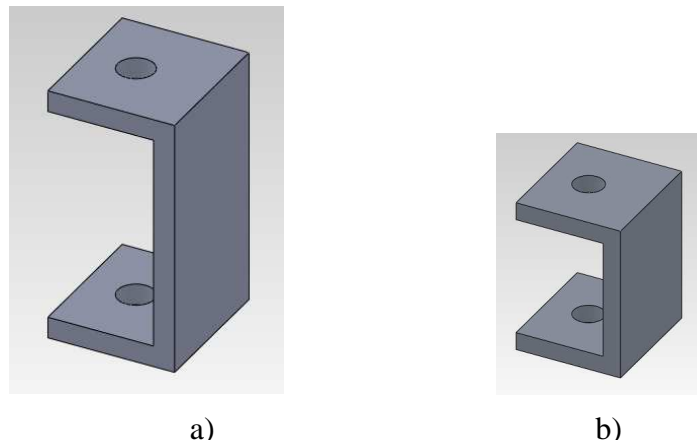


**Figura 36.** Prototipo Balda 2.

Para separar las baldas se procede a diseñar unas piezas, con forma de C, que distancian unas baldas de otras.

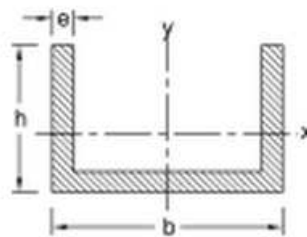
- **Prototipo Soporte Separador 1**

Se diseñan dos piezas de aluminio con forma C de medidas distintas para poder dar diferentes alturas a las baldas según las necesidades de los componentes. La base es cuadrada de 15 mm de lado y con un taladro central para ser atornillada. Las alturas son de 30 mm (Figura 37.a) y 20 mm (Figura 37.b), con un espesor de 3 mm. El prototipo más alto tiene un peso de 10.35 g y el más bajo tiene un peso de 8.73 g. Estos prototipos tienen un problema, que es su fabricación ya que al cortar la pieza y posteriormente plegarla eleva enormemente su coste. Por ello se estudia la posibilidad de fabricar estas piezas partiendo de un perfil en U de aluminio.



**Figura 37.** Prototipo Soportes separadores: a) separador alto y b) separador bajo

Se han estudiado los perfiles normalizados de aluminio que hay en el mercado **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y los que más se ajustan a nuestro diseño son: el perfil U de 30x20 hxb mm y el perfil de 40x 20 hxb mm (Figura 38), ambos de 2 mm de espesor. Una vez escogidos los perfiles se procede al diseño de los separadores.



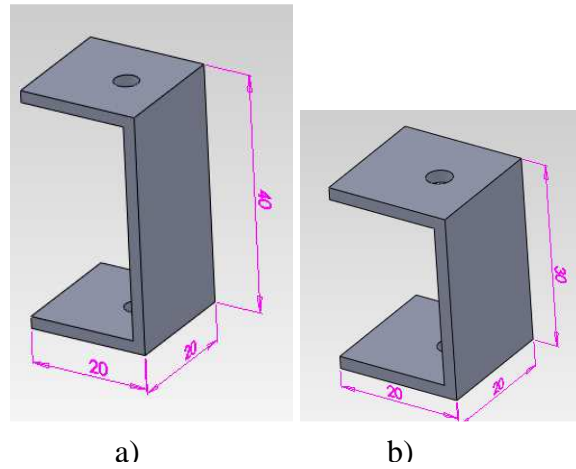
**Figura 38.** Perfil U de aluminio .

- **Prototipo Soporte Separador 2 (Prototipo seleccionado)**

De los perfiles U estudiados, se obtienen los dos tipos de soporte separador con las siguientes características: 1.5 mm de largo y 20 mm de ancho y con una altura de 30 mm para el soporte bajo (

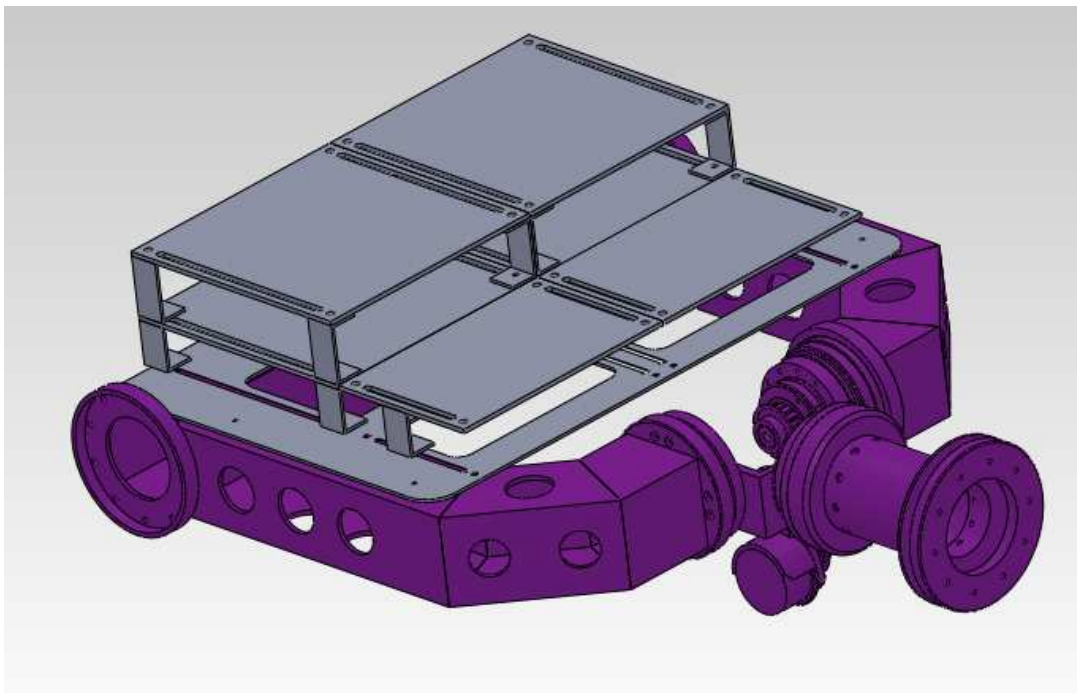


Figura 39.b) y 40 mm el alto (  
Figura 39.a). A ambas piezas se les practica un taladro para poder ser atornilladas.



**Figura 39.** Separadores Perfil U definitivos

En la Figura 40 se muestra la imagen de cómo quedan las estructuras diseñadas una vez acopladas a la estructura principal del tórax.

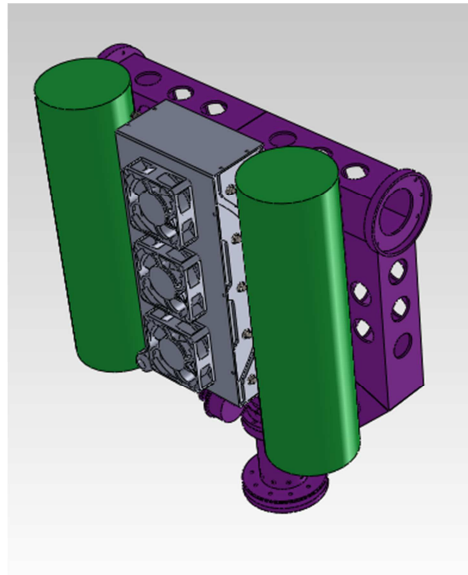


**Figura 40.** Montaje de las estructuras diseñadas.

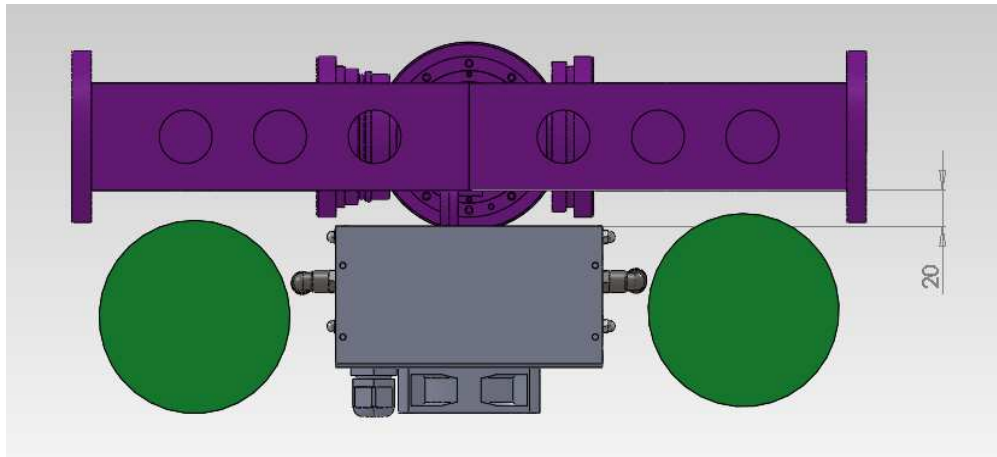
## Estructura Posterior

Después de fabricar la batería y conocer sus dimensiones y características, se procede a diseñar el soporte que la sujetara a la estructura principal por la parte de detrás.

La batería consta de una pila y dos depósitos de hidrógeno a parte de otros componentes electrónicos que no son objeto de estudio de este proyecto. En la Figura 41 se puede ver en qué posición se colocarán la pila y los depósitos. Se colocará la pila en la posición central y los depósitos a ambos lados de ésta. La posición mostrada es la mejor posición que se ha encontrado para estos elementos, de esta forma se utiliza el menor espacio posible dejando a su vez espacio para la entrada de aire a la pila. Se deja una separación de 20 mm entre la pila y la estructura principal del tórax para evitar obstaculizar el paso de aire a la pila (Figura 42).



**Figura 41.** Situación de la pila y de los depósitos.



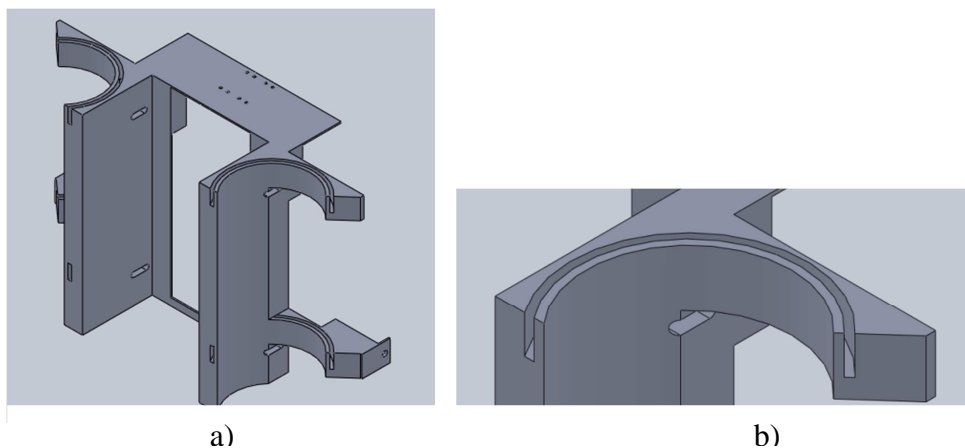
**Figura 42.** Detalle de la separación entre la pila y la estructura principal

- **Prototipo Soporte Pila y Depósito 1**

Se escoge como material el aluminio al igual que en las estructuras anteriores. La estructura consiste en un bloque de aluminio al que se le van realizando cortes y vaciamientos. Se realiza una abertura central para la toma de aire de la pila. Para poder extraer los depósitos de una forma fácil y rápida, se sujetarán tan solo por media circunferencia. El resto de circunferencia será completada mediante el uso de cinchas (

Figura 44), de esta manera quedarán sujetos firmemente y se podrán extraer con sencillez. Se realizan unos railes, para el paso de las cinchas ( Figura 43 b).

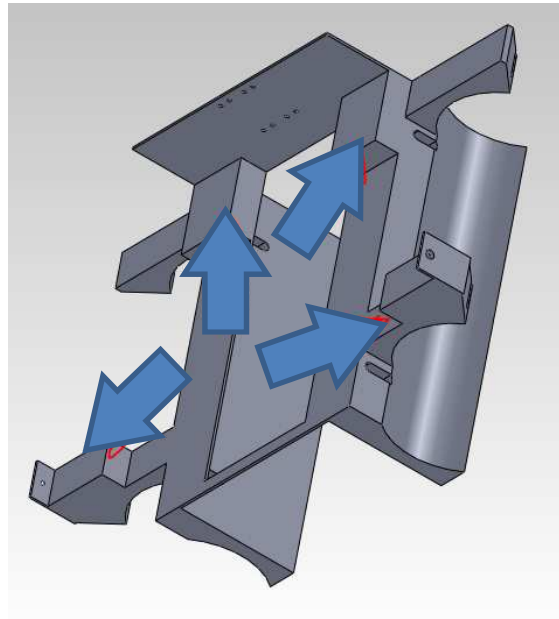
El prototipo soporte Pila y Depósito 1 tiene cuatro apoyos que distancian la pila de la estructura dos centímetros (Figura 45). La estructura creada tiene un peso de 3806.10 gramos y su fabricación tiene un coste elevadísimo al partir de un bloque de 100x270 mm. Por estas dos razones se descarta este prototipo y se realiza un nuevo diseño con láminas de aluminio.



**Figura 43.** Soporte batería: a) soporte y b) detalle del rail practicado.



**Figura 44.** Cinchas de amarre

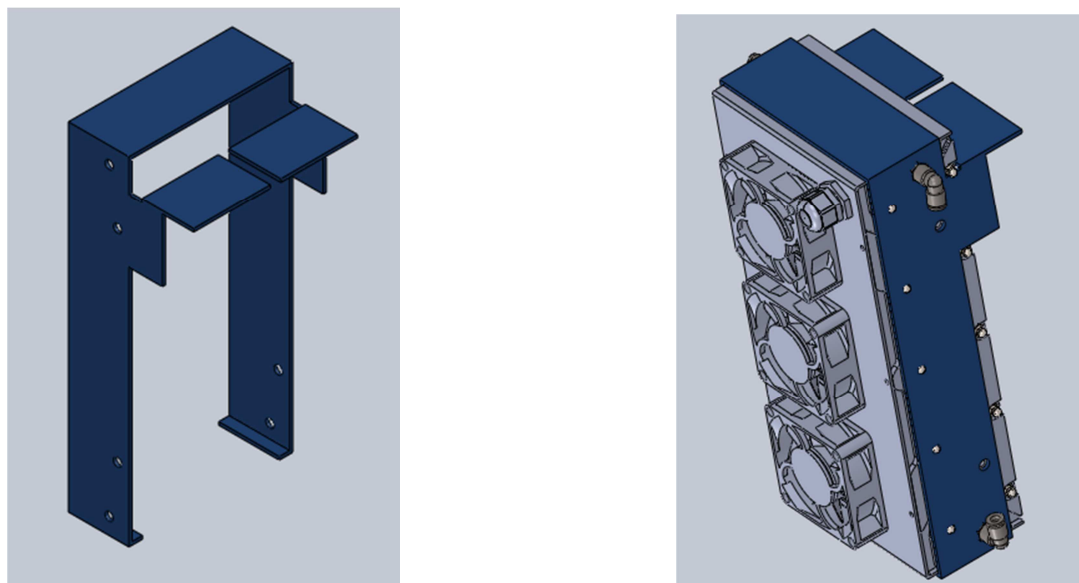


**Figura 45.** Bloques para distanciar el prototipo soporte pila y depósito

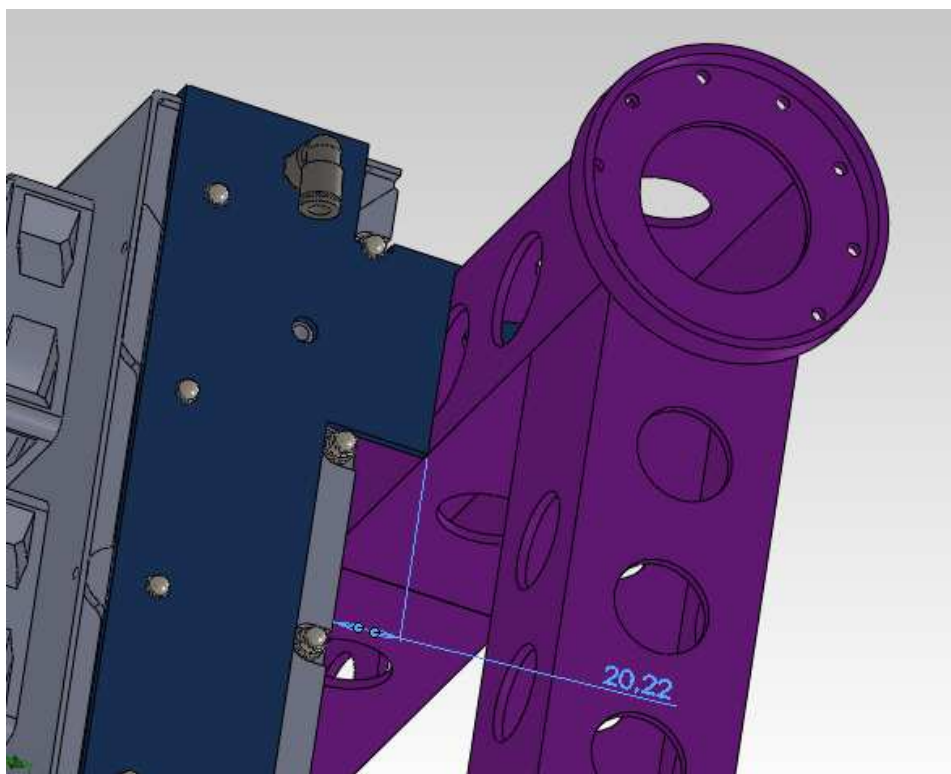
Para seguir con la línea de versatilidad del proyecto se separa la estructura en dos soportes diferentes, uno para la pila y otro para los depósitos.

- **Prototipo Soporte Pila 1 (Prototipo seleccionado)**

Este nuevo y definitivo diseño consistente en una lámina de aluminio, que envuelve la batería por sus costados, (Figura 46). De esta forma la base queda totalmente al aire, al igual que la parte de los ventiladores, haciendo que el aire pase sin ninguna dificultad. Se eliminan los apoyos que separan la pila de la estructura principal, separando ambas gracias a la forma que posee el soporte (Figura 47) A esta estructura se ensamblaran cuatro piezas adicionales a ambos lados que sostendrán los depósitos y se explican a continuación. El peso de la estructura es de 472.15 gramos.



**Figura 46.** Soporte pila definitivo

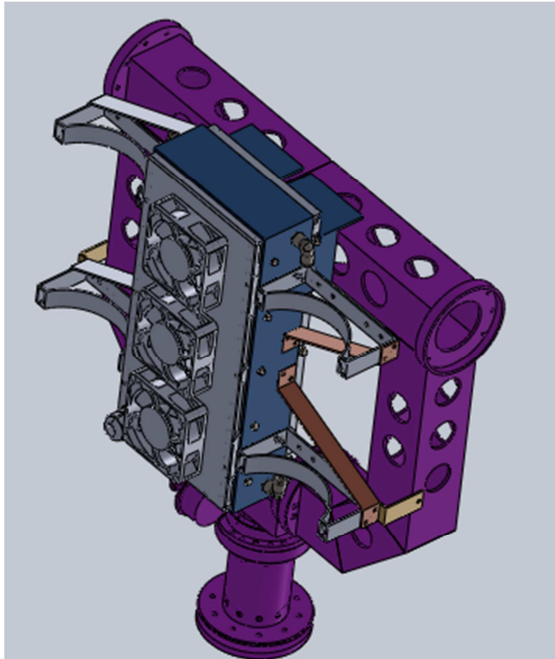


**Figura 47.** Detalle de la separación entre la pila y la estructura principal

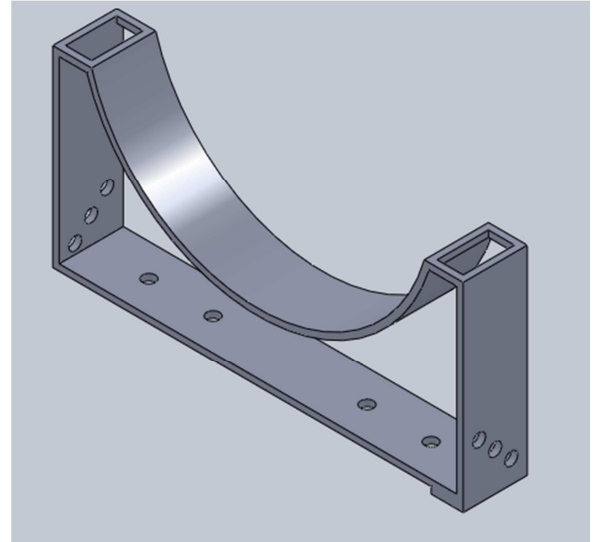
- **Prototipo Soporte Depósito 1**

Este soporte es la segunda versión de la parte que sujeta el depósito en el Prototipo Soporte Pila y depósito 1. Está diseñado con lámina de aluminio de 3 mm de espesor y pesa 42.53 gramos. Tiene dos aberturas para pasar la cincha y

fijar el depósito. De nuevo este soporte no es asequible debido a la complejidad a la hora de fabricarse por el gran número de dobleces que tiene.



a)

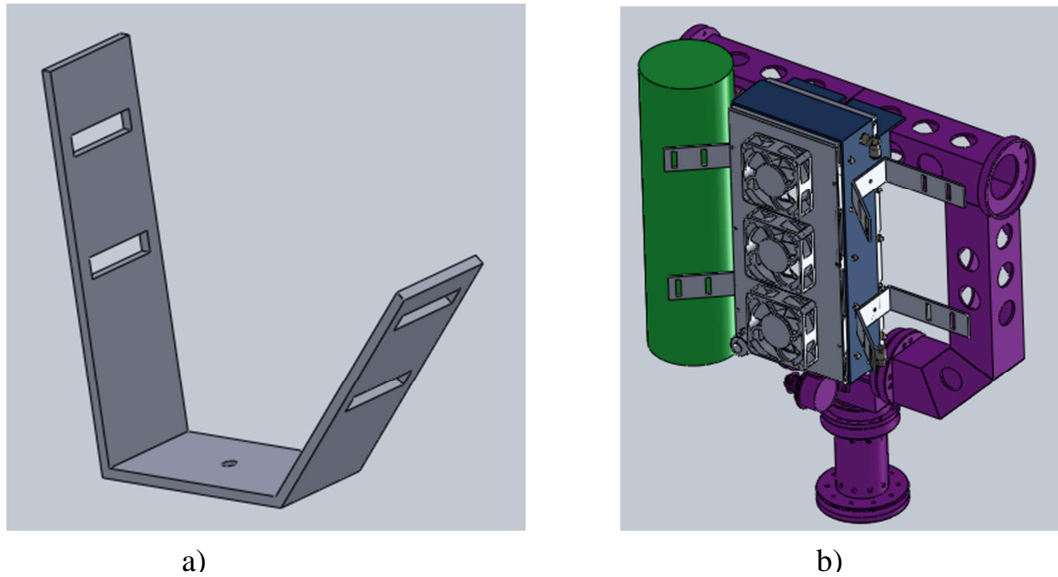


b)

**Figura 48.** Prototipo Soporte 1: a) vista del conjunto y b) detalle.

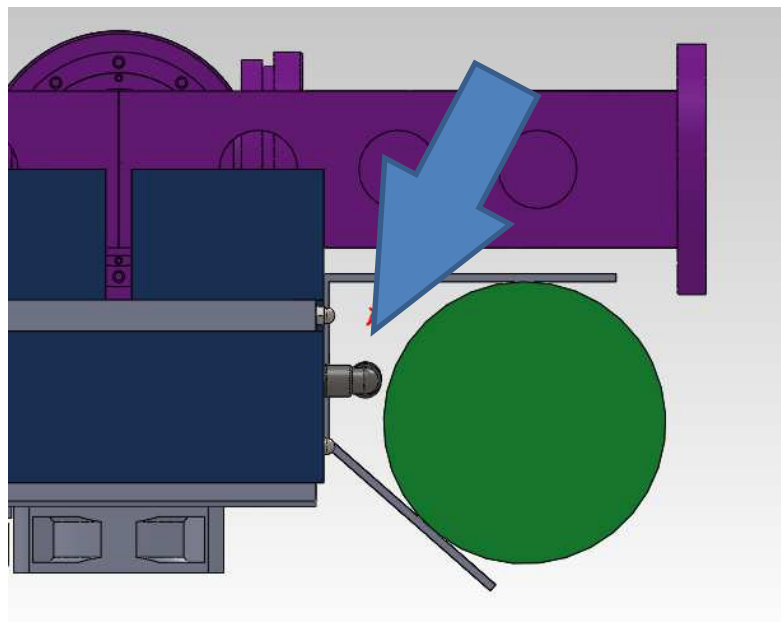
- **Prototipo Soporte Depósito 2 (Prototipo seleccionado)**

Tras varias modificaciones, conseguimos diseñar una pieza acorde con los requisitos deseados, una pieza sencilla, de fácil fabricación y coste menor al resto de prototipos (Figura 49.a). Es de aluminio de 3 mm de espesor. Tiene cuatro aberturas para introducir la cincha y sujetar el depósito. La forma que tiene este soporte permite sujetar depósitos de diferentes diámetros.



**Figura 49.** Soporte depósito definitivo.

Las medidas están ajustadas para que el depósito no toque el racor de la pila y quede un espacio por donde pasar los cables



**Figura 50.** Espacio del Soporte Depósito para evitar el racor

### Estudio posición de los drivers

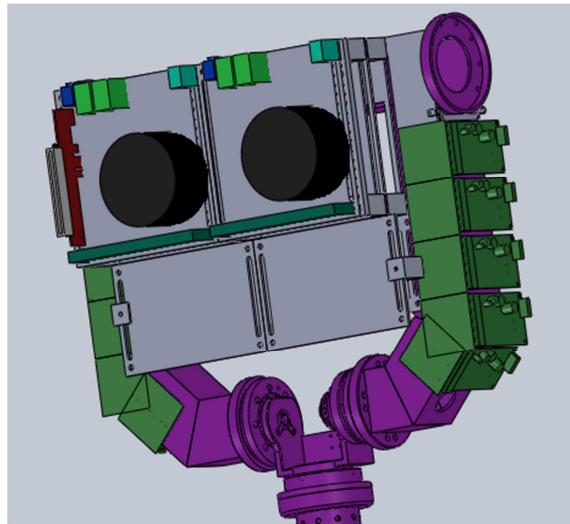
Este soporte es la segunda versión de la parte que sujeta el depósito en el Prototipo Soporte Pila y también ha sido necesario el diseño de una estructura que sujete los circuitos impresos de los driver. El diseño de estos circuitos se explica en el siguiente capítulo.

Se han estudiado las diferentes posiciones para los drivers para ver si se podían alojar en alguna estructura ya diseñada, o por el contrario habría que



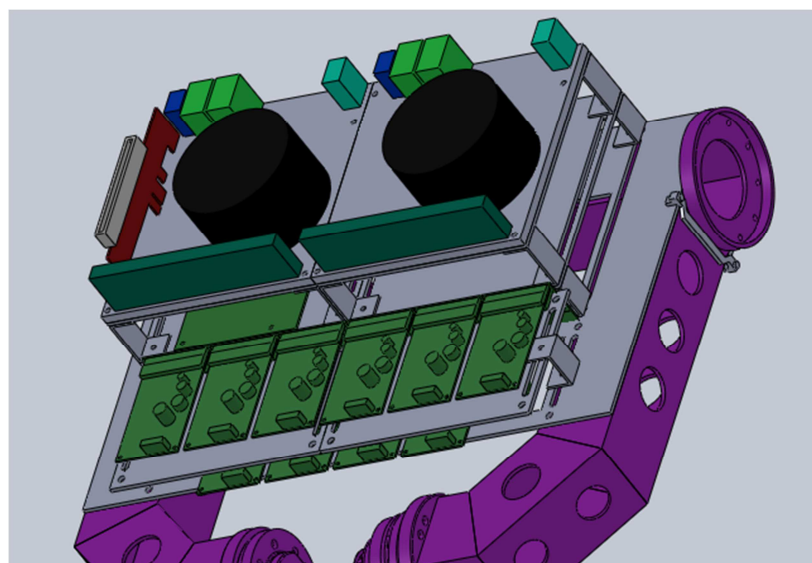
diseñar una nueva estructura. A continuación se muestran las disposiciones estudiadas.

La primera idea consistía en alojar los drivers a ambos lados del robot (Figura 51). De esta manera dejamos libres las baldas pequeñas. El problema de este diseño es que se tendrían que implementar un circuito distinto para cada lado, lo que elevaría el coste del proyecto. Como podemos ver, el circuito junto con el driver montado ocupa una gran superficie, la cual se podría destinar para otra utilidad



**Figura 51.** Primer diseño para la colocación de los drivers.

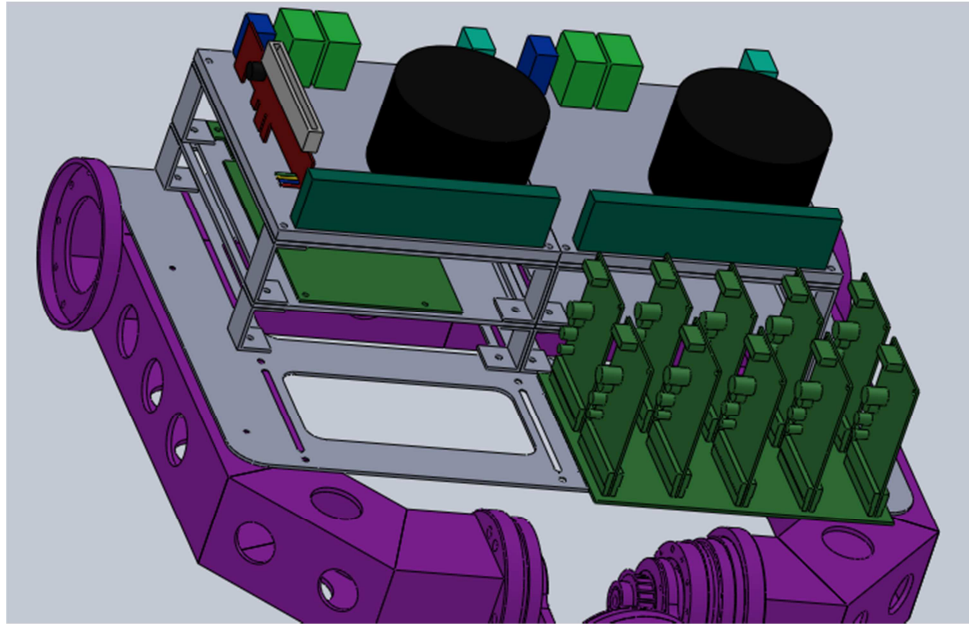
Una segunda posibilidad, era colocar todos los drivers alineados en el primer y segundo nivel de la estantería inferior, Figura 52. Tampoco se ve una solución ventajosa, ya que al igual que la anterior, ocupa una gran superficie y la posibilidad de modificarse posteriormente es reducida.



**Figura 52.** Segundo diseño para la colocación de los drivers.

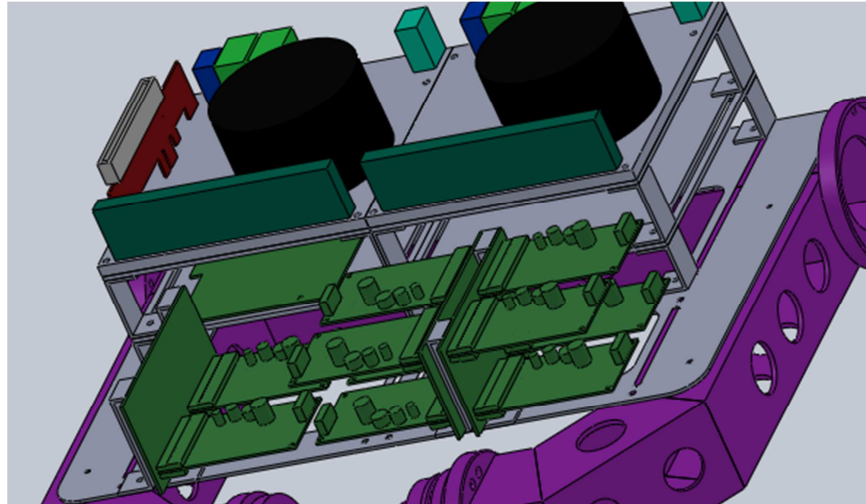


Con los diseños anteriores concluimos que deben colocarse los drivers en la estantería que queda libre. A ser posible, debe permitir que se pueda modificar su posición por si fuesen necesarios añadir más drivers. De esta forma continuamos con la línea que se viene siguiendo en el proyecto consistente en la versatilidad del conjunto.

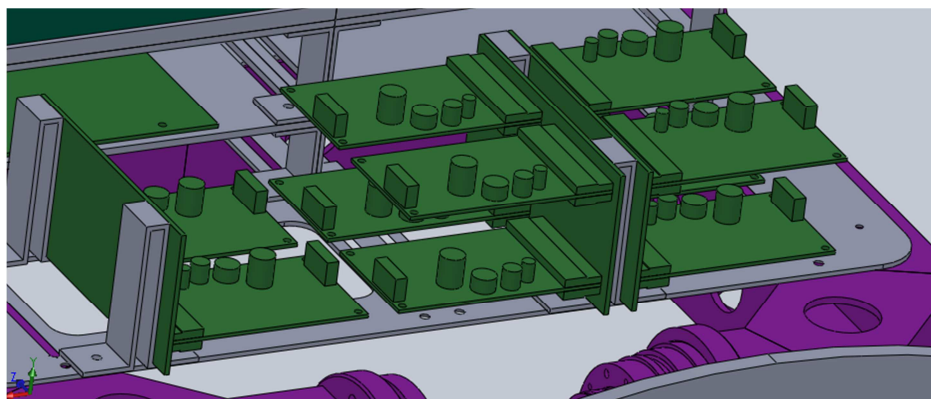


**Figura 53.** Tercer diseño de la colocación de los drivers.

Con estas nuevas premisas se crean dos nuevos diseños: en uno de ellos los dispositivos se alojan en posición vertical en dos hileras. Podemos ver este diseño en la Figura 53. Este modelo no consigue satisfacer nuestros requisitos, así que elegimos definitivamente el otro circuito (Figura 54). Consiste en colocar los drivers en módulos de dos en dos, apoyándolos en las estructuras diseñadas para tal efecto. Este diseño nos permite colocar los dispositivos en un reducido espacio, permitiendo en un futuro añadir nuevos drivers si fuese necesario, con solo incluir un nuevo módulo o modificar su posición dentro de la estructura delantera si fuese necesario para alojar algún otro dispositivo.



**Figura 54.** Cuarta y definitiva forma de colocar los drivers.

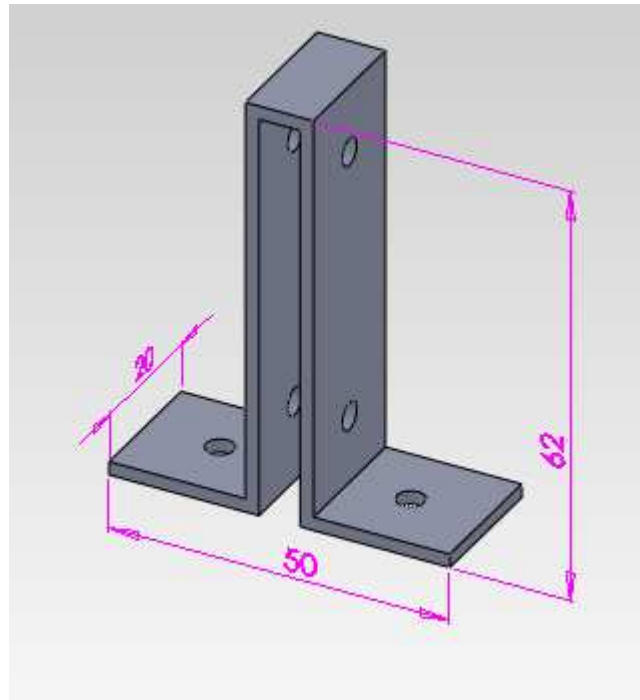


**Figura 55.** Detalle de la colocación de los drivers

Como podemos ver en la Figura 55, tenemos colocados ocho drivers, los cuatro del brazo derecho y los otros cuatro del brazo izquierdo. La estructura que soporta los drivers dispone de más espacio para poder añadir más drivers si fuese necesario, muy posiblemente habrá que colocar otros dos drivers más que controlarán la cabeza. Esto se deja como trabajo futuro ya que no atañe a este proyecto porque todavía no se conoce cómo va a ser la cabeza, ni que dispositivos necesitará.

- **Prototipo Soporte Drivers 1 (Prototipo seleccionado)**

Este soporte consiste en una T invertida de aluminio de 3 mm de espesor. Tiene unas medidas de 50 mm de largo, 20 mm de ancho y 62 mm de alto, pesa 17.95 gramos.



**Figura 56.** Soporte Driver

## 3.4 Implementación

### 3.4.1 Fabricación

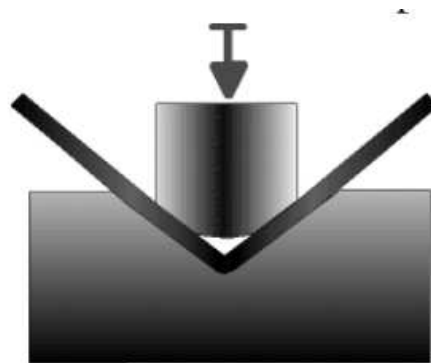
Se ha optado por utilizar para las distintas piezas diseñadas en Solidworks láminas de aluminio de 2 y 3 mm de espesor, ya que el aluminio es un material poco pesado comparado con otros metales, es maleable a la vez que rígido, su procesado es barato y si hiciese falta retocar las piezas, una vez mecanizadas, las herramientas a emplear se encuentran en cualquier caja de herramientas.

Para su fabricación se toma la plancha de aluminio y se obtiene la pieza por medio del corte por láser. Bastará con realizar una serie de dobleces a estas piezas por las líneas marcadas en los planos y así obtenemos la pieza definitiva. Nos hemos decantado por una de las formas más utilizadas y baratas de plegado, que es el plegado a fondo.

#### Plegado a fondo

El doblado es una de las operaciones industriales de formado más comunes. Proporciona rigidez a la pieza al aumentar su momento de inercia sin agregar peso [9].

Se ejecuta en moldes cerrados, esto significa que el fondo de la matriz tiene un radio igual a la suma del radio del punzón más el espesor de la chapa (Figura 57). También se puede ejecutar en una matriz semicerrada, en la que el fondo de la matriz tiene un radio menor que el radio del punzón más el espesor de la chapa (típicamente la matriz tiene forma de V).



**Figura 57.** Matriz plegado a fondo

En los procesos de doblado a fondo, el punzón presiona la chapa completamente contra la matriz. Como resultado, las características del doblado (ángulo y radio) están marcadas por la combinación matriz y punzón. Cada grosor de chapa, tipo de material y ángulo de doblado requieren una combinación diferente de punzón y matriz [10].

Para la fabricación de las estructuras metálicas hemos tenido que facilitar a la empresa los planos de las piezas desdoblados. Para la elaboración de estos planos se ha diseñado la pieza sin doblar con la ayuda de SolidWorks,. Teniendo que aumentar las longitudes perpendiculares a los dobleces de las piezas, debido al encogimiento que sufren las piezas metálicas al ser dobladas. En la Figura 59 mostramos el plano de la estructura Soporte Pila desdoblado y en la Figura 60 el de la estructura Soporte CPU.

Para realizar el cálculo aproximado de estas longitudes se ha seguido el estándar ASM [10] (Committee under ASM direction, 1988). Este estándar hace uso de las ecuaciones siguientes con las que se calculan un factor de corrección basado en datos experimentales.

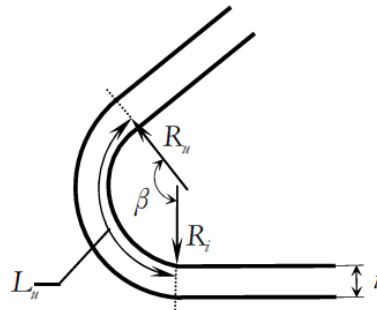
$$L_u = [t \cdot p + R_i] \cdot 0.01745 \cdot \beta$$

Con

$$p = \frac{R_i}{t} \cdot 0.04 + 0.3 \quad \text{para } \frac{R_i}{t} < 1$$

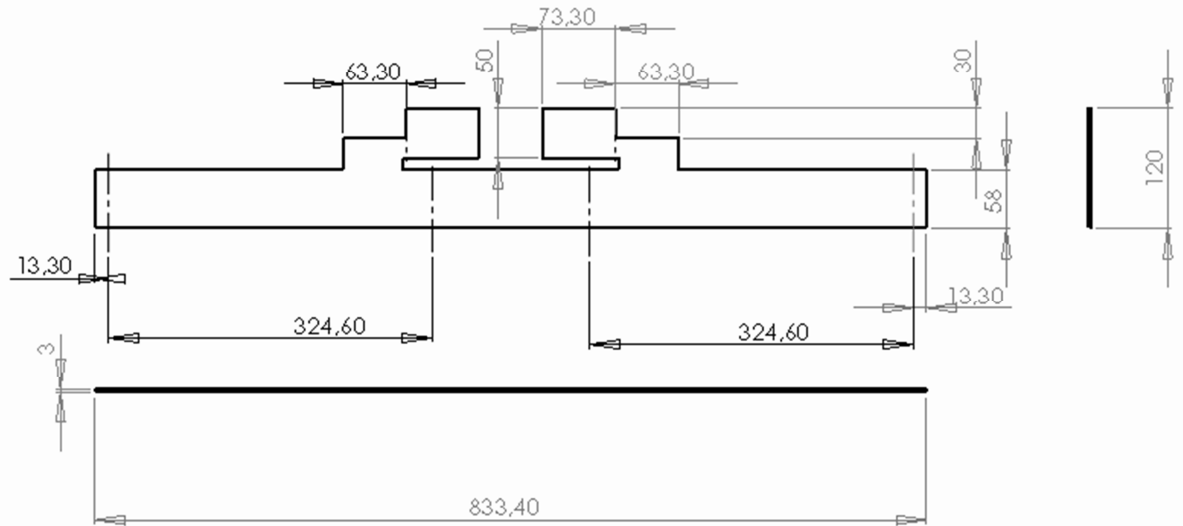
$$p = \left[ \frac{R_i}{t} - 1 \right] + 0.06 + 0.34 \quad \text{para } \frac{R_i}{t} \geq 1$$

Donde  $\beta$  está en grados,  $R_u$ ,  $t$  y  $L_u$  son las medidas que aparecen en la Figura 58

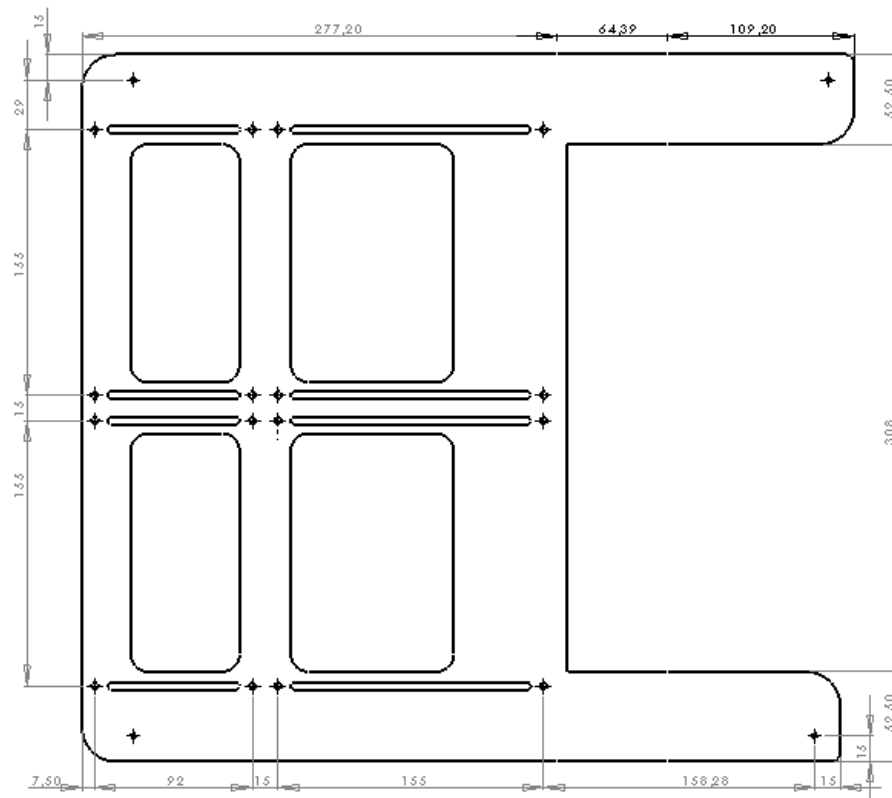


**Figura 58.** Estándar ASM.

La Figura 59 y la Figura 60 muestran dos ejemplos del desplegado de las piezas



**Figura 59.** Plano desplegado Soporte Pila

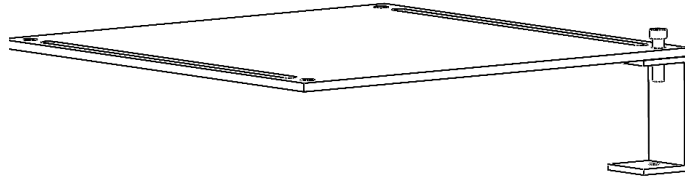


**Figura 60.** Plano desplegado Soporte CPU

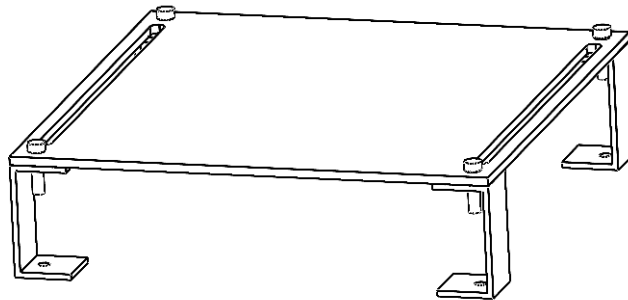
## 3.4.2 Montaje

### Montaje estructura delantera

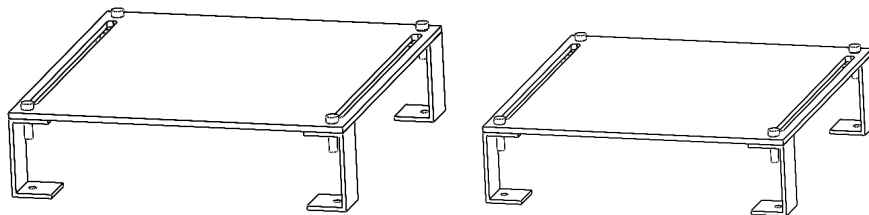
- 1.- Unir el soporte separador a las balda 70x170 con un tornillo M4



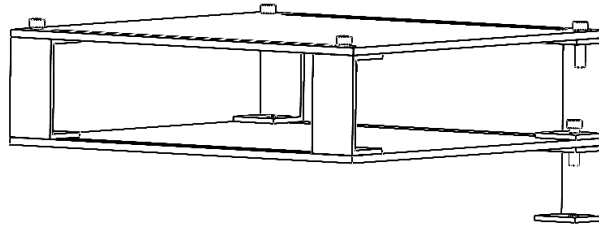
- 2.- Atornillar los tres separadores restantes a la balda con tornillos M4



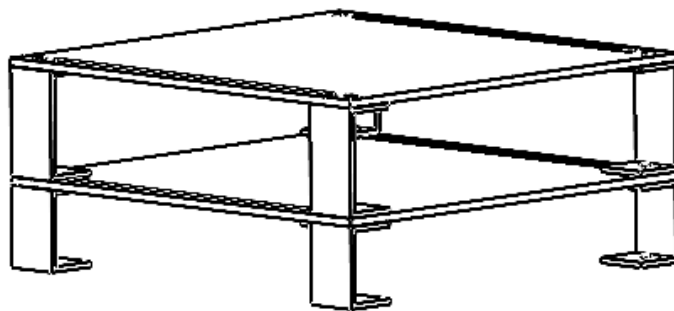
- 3.- Unir una segunda balda con sus cuatro respectivos soportes con tornillos M4



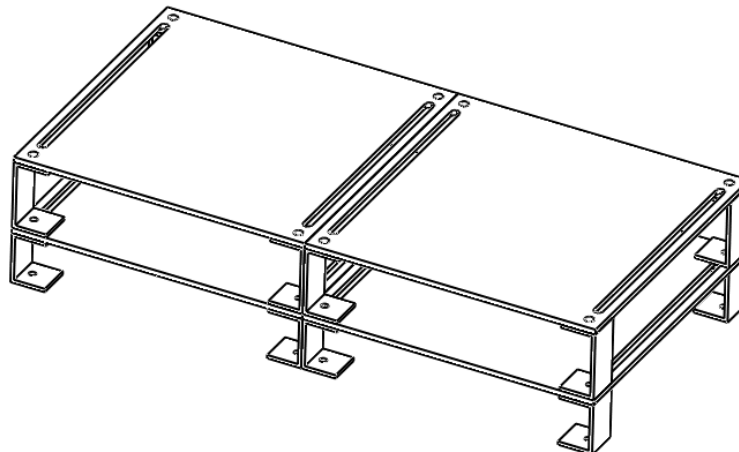
**4.-** Unir una balda más con su separador a la estructura creada en el paso 2



**5.-** Unir los tres separadores restantes

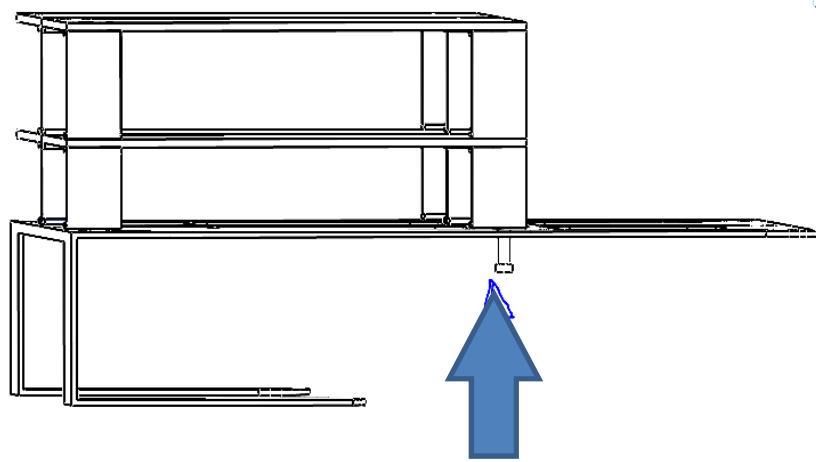


**6.-** Repetir el paso 4 y 5 para tener dos estructuras iguales

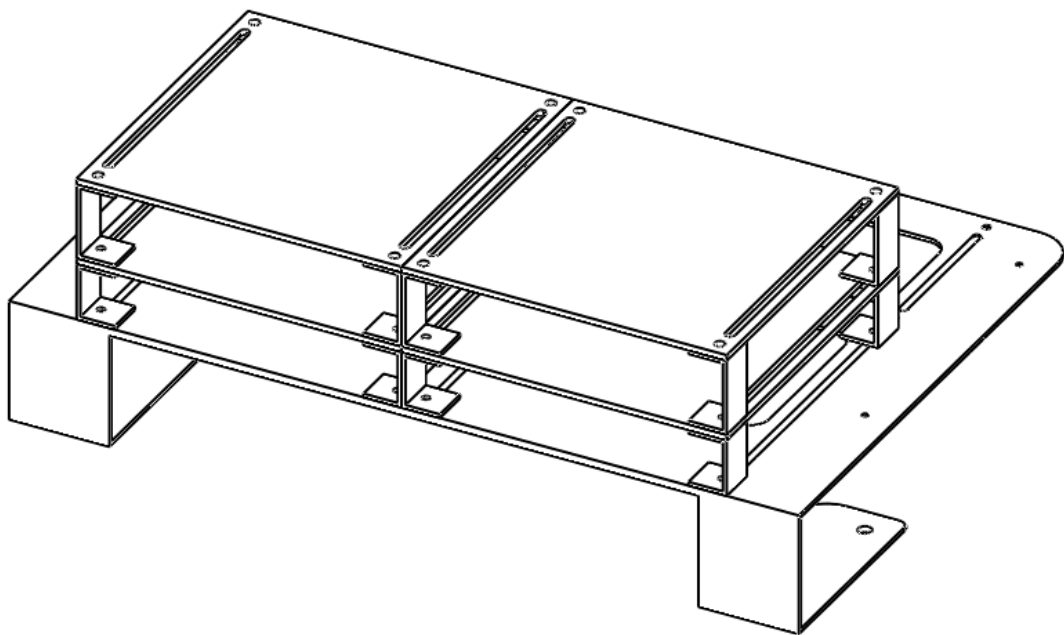




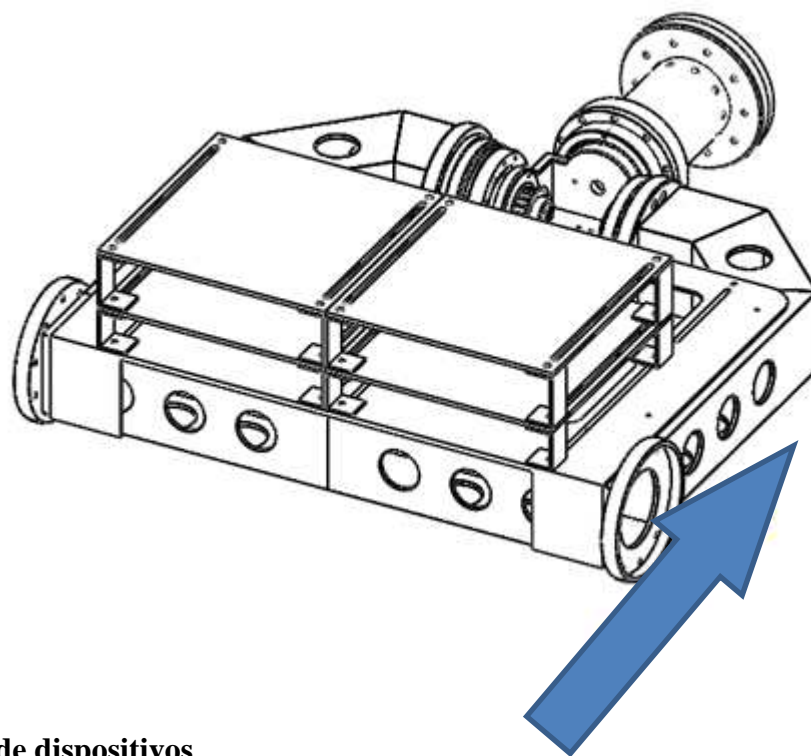
**7.-** Unir las dos estanterías al Soporte CPU con tornillos M4 (Hay que introducirlos de abajo arriba para que la cabeza del tornillo quede embutida en el Soporte CPU)



**8.-** Estructura Soporte CPU con la Estantería unida

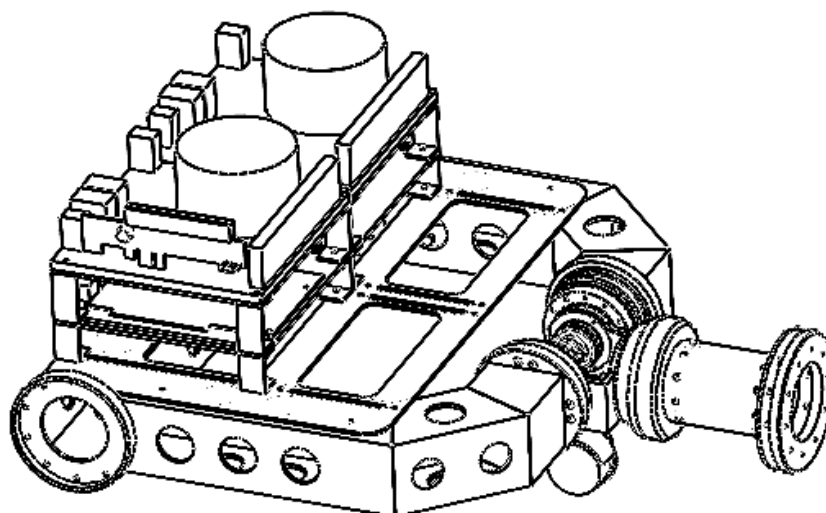


**9.-** Unir la estructura del paso 8 a la estructura principal siguiendo el sentido de la flecha



#### Anclaje de dispositivos

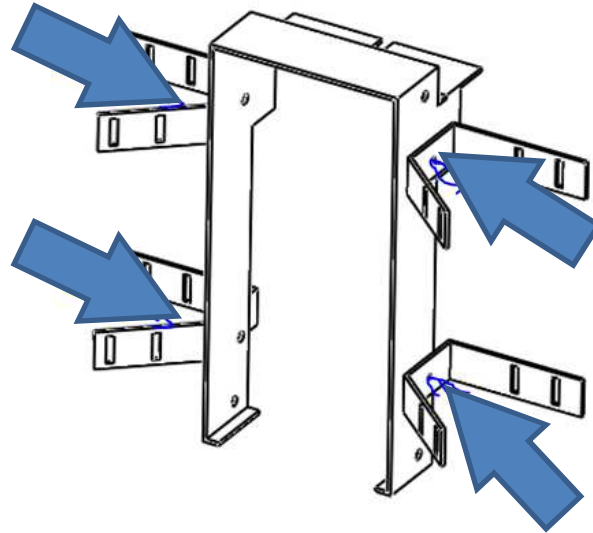
**10.-** Ahora atornillamos todos los dispositivos de la estructura delantera



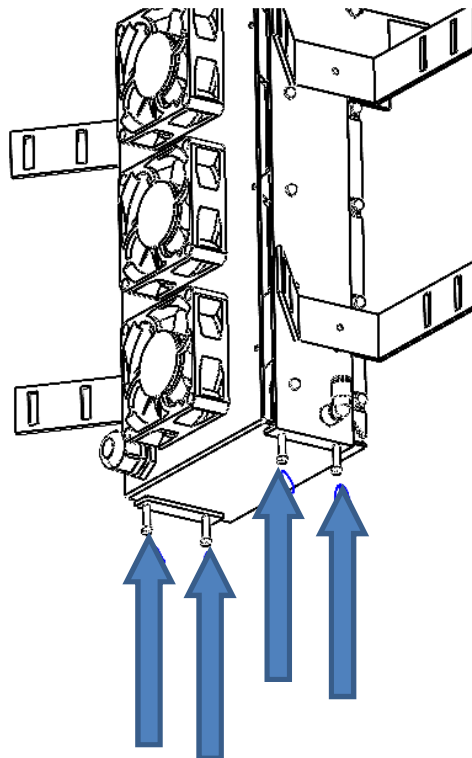
## Montaje estructura posterior

Ahora procederemos a montar la estructura posterior. Esto se puede hacer antes o después de montar la estructura delantera, ya que, por su configuración, las dos partes no interfieren entre sí en su montaje y desmontaje. En los dibujos que vamos a mostrar la parte delantera aún no está montada.

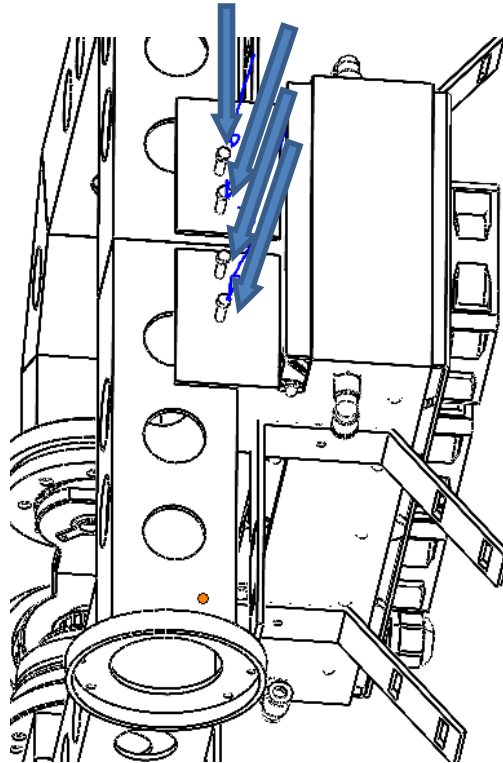
- 1.- Atornillamos los 4 soportes de los depósitos al soporte de la pila con tornillos M4



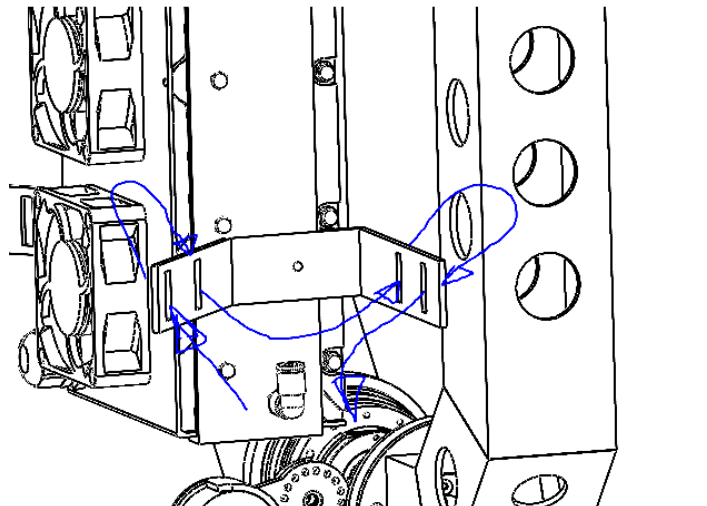
- 2.- Atornillar la pila a su soporte (Soporte pila), para ello debemos extraer los tornillos pasantes de la pila, insertar la pila en el soporte y atornillar el soporte a la pila con los tornillos extraídos de esta misma.



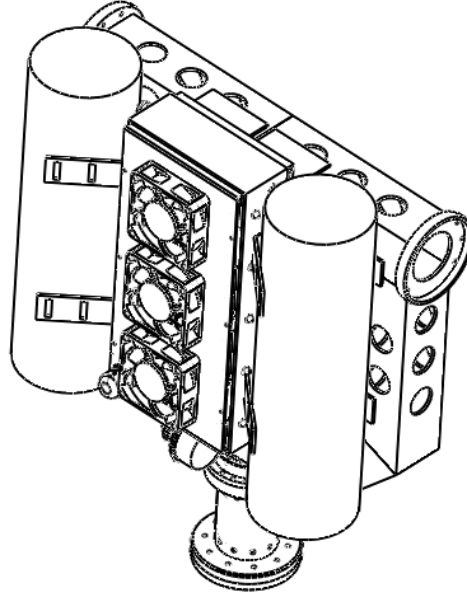
3.- Atornillar el soporte pila a la estructura principal con cuatro tornillos M3



4.- Pasar la cincha por las cuatro hendiduras del Soporte Depósito



- 4.- Poner los depósitos y tirar de las cinchar para fijarlos firmemente a la estructura.



### 3.4.3 Piezas fabricadas

En la Figura 61 se ve el Soporte CPU fabricado



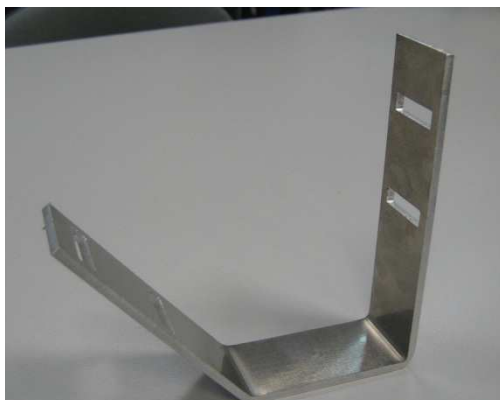
**Figura 61.** Foto Soporte CPU

En la Figura 62 se ve el Soporte Pila fabricado, se han tenido que agrandar los orificios laterales para permitir la entrada de los racores de la pila, que en el modelo de la pila eran de inferior tamaño



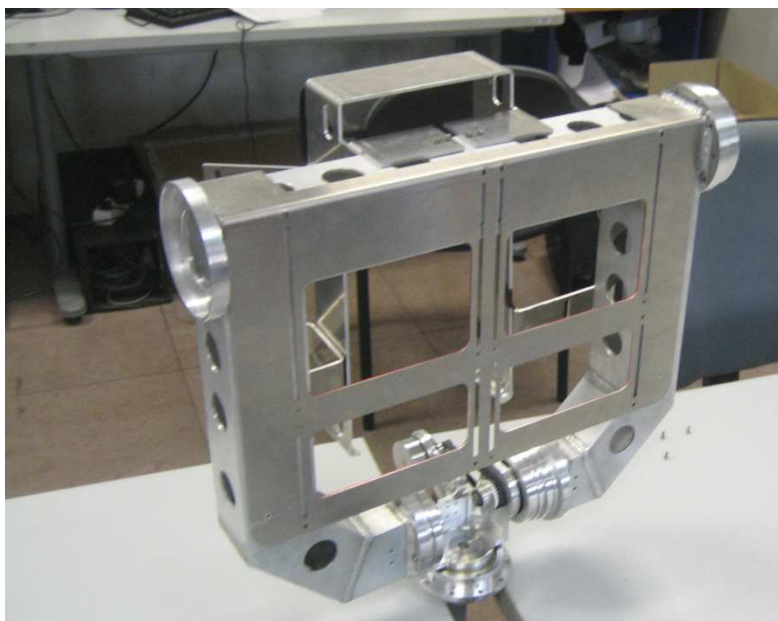
**Figura 62.** Foto Soporte Pila

La Figura 63 muestra el Soporte Depósito



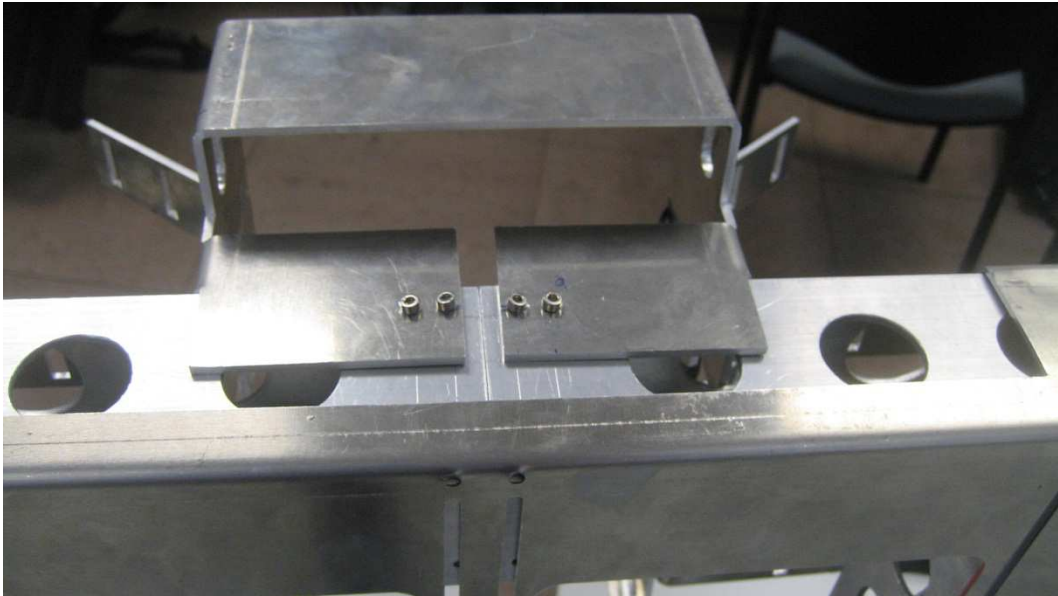
**Figura 63.** Foto Soporte Depósito

En la Figura 64 se muestra una panorámica con las estructuras anterior y posterior acopladas a la estructura principal del tórax



**Figura 64.** Foto estructuras montadas

En la Figura 65 se ve la sujeción de la estructura posterior que es independiente del Soporte CPU



**Figura 65.** Foto detalle de la independencia de las estructuras.



# **Capítulo 4**

## **Desarrollos electrónicos para el torso del robot TEO**

## 4.1 Especificaciones

El diseño de los circuitos impresos está condicionado por varios factores como son las dimensiones del espacio donde se van a situar o el método de fabricación empleado.

Las placas serán fabricadas por la Universidad para que su coste sea menor. El método empleado no permite sobrepasar las dimensiones de las pistas que se exponen en la Tabla 1 para cada tipo de señal. El ancho de las pistas va desde 12 Mils para las señales de datos hasta 36 Mils para las señales de potencia GND y 36Vdc

Net Name	Color	Width Min Con Max	Routing Enabled	Share	Weight	Reconn Rule
36VDC		36.00	Yes	Yes	50	Std
CANH 5		12.00	Yes	Yes	50	Std
CANH 6		12.00	Yes	Yes	50	Std
CANL 5		12.00	Yes	Yes	50	Std
CANL 6		12.00	Yes	Yes	50	Std
ENCA 5		12.00	Yes	Yes	50	Std
ENCA 6		12.00	Yes	Yes	50	Std
ENCB 5		12.00	Yes	Yes	50	Std
ENCB 6		12.00	Yes	Yes	50	Std
H1 5		12.00	Yes	Yes	50	Std
H1 6		12.00	Yes	Yes	50	Std
H2 5		12.00	Yes	Yes	50	Std
H2 6		12.00	Yes	Yes	50	Std
H3 5		12.00	Yes	Yes	50	Std
H3 6		12.00	Yes	Yes	50	Std
M1 5		24.00	Yes	Yes	50	Std
M1 6		24.00	Yes	Yes	50	Std
M2 5		24.00	Yes	Yes	50	Std
M2 6		24.00	Yes	Yes	50	Std
M3 5		24.00	Yes	Yes	50	Std
M3 6		24.00	Yes	Yes	50	Std
N486926		12.00	Yes	Yes	50	Std
N487106		12.00	Yes	Yes	50	Std
N487892		12.00	Yes	Yes	50	Std
N487938		12.00	Yes	Yes	50	Std

**Tabla 1.** Dimensiones de las pistas (Mils).

Un condicionante a tener en cuenta, a la hora de rutar las pistas, es la separación mínima entre éstas, que con el método de fabricación de la Universidad, no puede ser inferior a 10 Mils

Otro de los condicionantes del método de fabricación es el número de capas que se pueden emplear para el rutado. Solo se pueden utilizar las capas top y bottom.

Se crearán dos planos de masa: en la capa botón irá el plano de masa y en la capa top irá el plano de potencia. Estos planos deben estar lo más alejados posible, aunque en este caso, al usar solo dos capas, no hay posibilidad de situarlos más distanciados.

Hay que tener en cuenta que como los componentes que utilizaremos son through-hole, es decir, atraviesan las dos capas, todas las soldaduras deben hacerse en la capa bottom, siendo necesario utilizar cambios de capa para soldar los componentes a las pistas de la capa top.

### 4.1.1 Herramientas de diseños

Se ha optado por el software OrCAD de Cadance por ser uno de los más potentes programas de diseño electrónico del mercado y de los más extendidos, así como por su facilidad de manejo.

La electrónica ha avanzado espectacularmente en los últimos años, así como la tecnología empleada en la fabricación de componentes electrónicos. Como consecuencia de ello, se brinda la posibilidad de realizar circuitos cada vez más complejos, cuyo diseño ya no se puede realizar de modo manual, mediante el montaje y prueba de un prototipo.

Con la aparición de los entornos gráficos se ha facilitado considerablemente el diseño y simulación de circuitos electrónicos convirtiéndose en la mayoría de los casos en una herramienta imprescindible, cuya evolución discurre paralelamente a la de los computadores en los que se hayan instalado.

OrCAD pertenece a los llamados entornos EDA (Electronic Design Automation) son similares a los programas CAD (Computer Assistant Design) pero orientados al diseño electrónico. Se controla el diseño y la producción desde el computador, pudiendo realizarse los cambios necesarios mientras discurre el proceso.

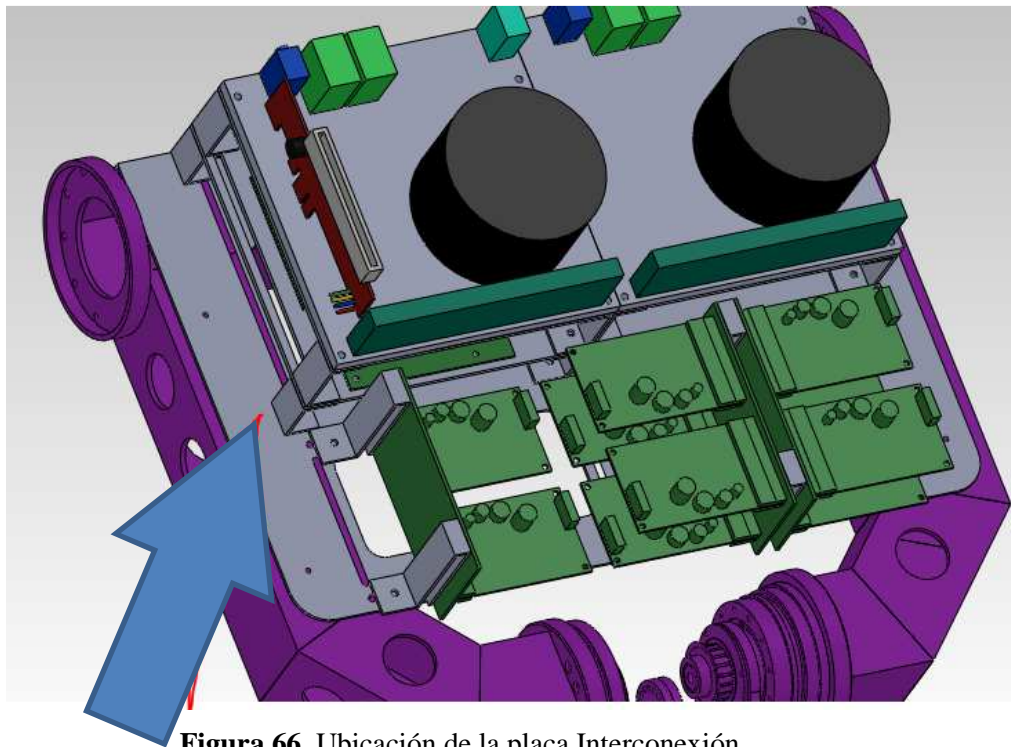
El software OrCAD está compuesto por una serie de programas, entre ellos OrCAD Capture y OrCAD Layout, que utilizan los datos existentes en las librerías y los procesan para obtener finalmente un conjunto de ficheros que contienen el diseño.

Este programa proporciona todos los recursos necesarios para crear diseños electrónicos del inicio del diseño, con el diseño de esquemáticos, hasta el final, con la impresión de los footprints de los circuitos, que son la imagen de cómo se distribuyen las conexiones eléctricas y componentes por las diferentes capas del circuito impreso.

## 4.2 Estudio de ubicación de circuitos de interconexión

En el capítulo anterior se ha explicado cómo y dónde irá ubicada la placa Driver. En esta ocasión explicamos donde ubicaremos la placa Interconexión y como se sujetará.

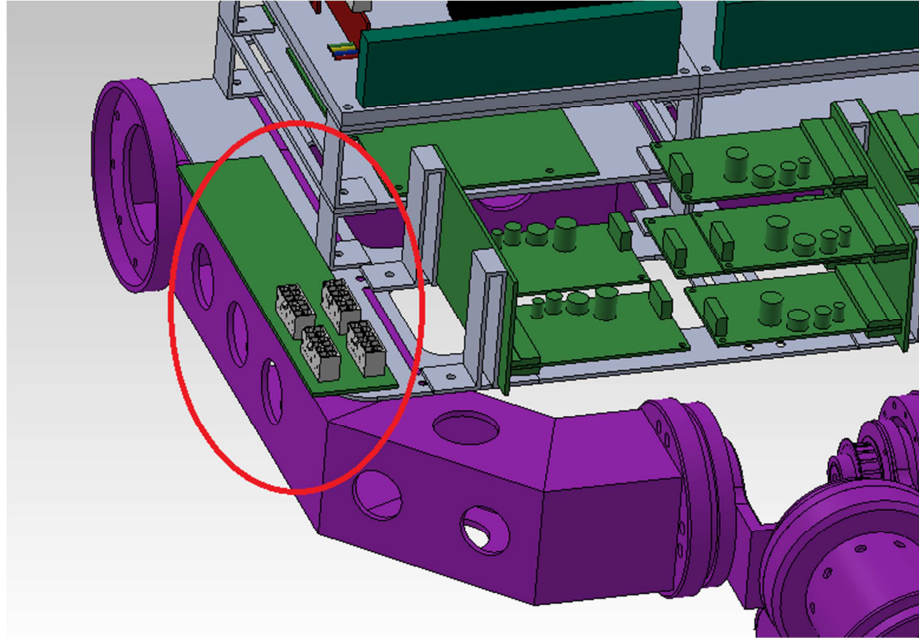
La placa Interconexión ha sido la última en diseñarse, por esto y porque se utilizará de enlace entre el hombro y el tórax solo queda espacio disponible en el costado de la estructura delantera como se puede ver en la Figura 66. También podemos apreciar que el circuito sobre sale del soporte, esto es así debido al gran número de pistas que tiene el circuito ya que si la placa fuese más estrecha no habría espacio suficiente para todas las pistas.



**Figura 66.** Ubicación de la placa Interconexión.

El ancho de la placa está sujeto al ancho de la estructura, pero el alto es menos importante ya que hay espacio suficiente.

Primero se diseñó una placa de 30 mm de ancho con los cuatro conectores en fila, pero la estantería quedaba entre dichos conectores y los drivers, dificultando la conexión entre ambos. Finalmente se decidió poner los conectores de dos en dos en la parte inferior del circuito como podemos ver en la Figura 67.

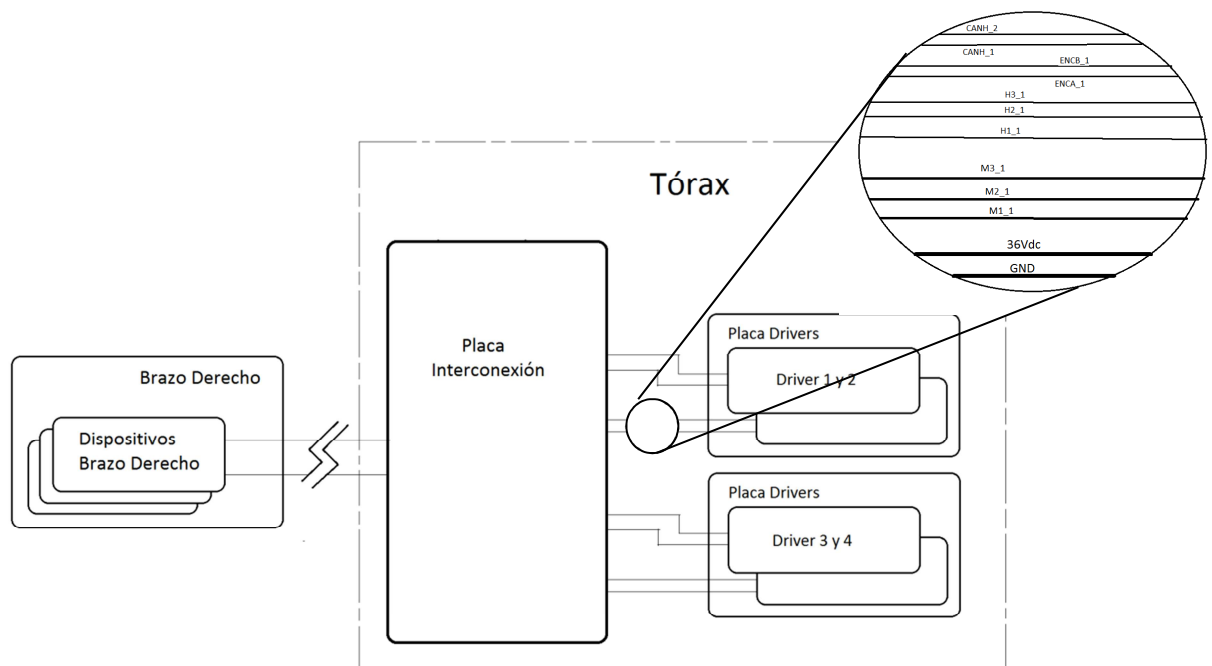


**Figura 67.** Circuito interconexión colocado

## 4.3 Diseño electrónico

Una vez conocida la posición de cada uno de los componentes y las conexiones necesarias entre ellos, el patillaje de cada dispositivo, etc., se procede al diseño de la captura y del layout de cada uno de los circuitos.

Primero diseñamos el esquema jerárquico, que no es más que un diseño a nivel de bloques con el esquema de las señales que van de unas placas a otras. Podemos ver este esquema en la siguiente figura.



**Figura 68.** Esquema jerárquico brazo derecho.

Solo se diseñaran dos circuitos: la placa Drivers y la placa Interconexión. Se fabricarán dos placas de Interconexión, una para el lado izquierdo y la otra para el lado derecho. Y de la placa Drivers se fabricarán cuatro.

En los circuitos se verá que hay un gran número de señales diferentes (Tabla 1).

Tipo de Señal	Señales
Señal potencia	GND y 36Vdc
Señal motores	M1, M2 y M3
Señal encoders	ENCA y ENCB
Señal Hall	H1, H2 y H3
Señal can bus	Can_H y Can_L

Tabla 2. Señales de los circuitos

En los anexos se adjuntan los planos de los esquemas y de los layout.

### 4.3.1 Placas Drivers

Como se ha visto anteriormente, la placa irá colocada en la estructura anterior, Figura 55. Para que quepan en este espacio, las placas deberán tener unas medidas de 50x60 mm. Debemos tener en cuenta a la hora de diseñar el layout que hay que distanciar los drivers entre sí como mínimo 35 mm.

#### Diseño esquemático

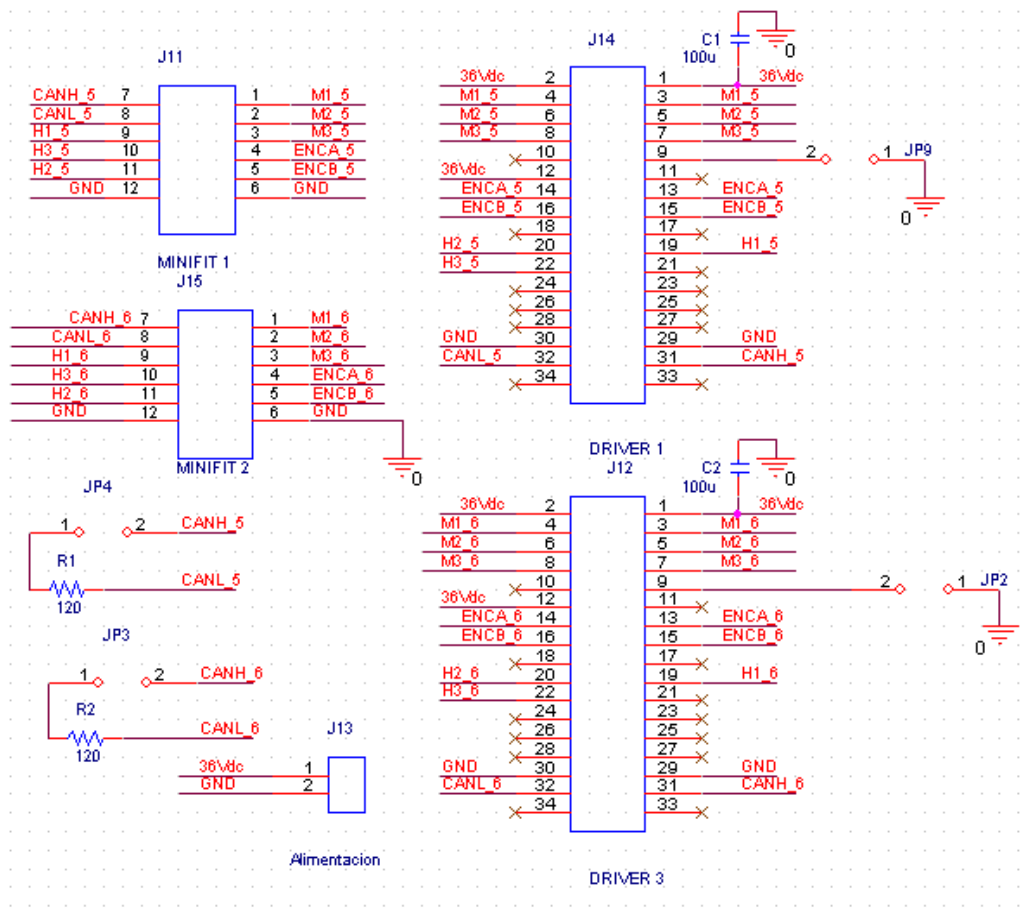
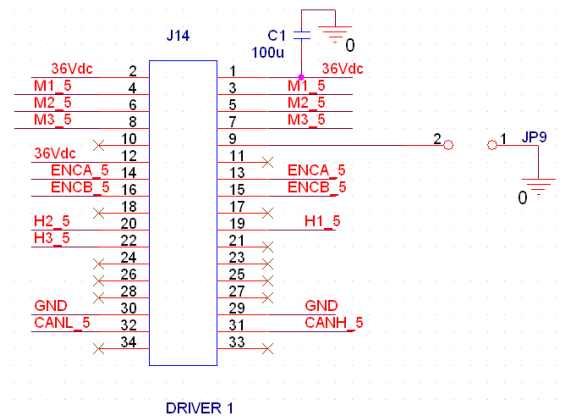


Figura 69. Esquema placa drivers.

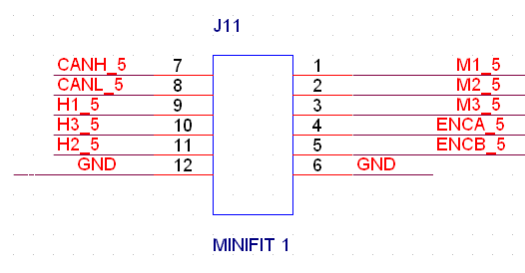
En la Figura 69 vemos el esquema del conexionado de los componentes. Se pueden observar dos tipos de conectores, los conectores de los driver y los conectores que conectan con las placas de interconexión. En los anexos se facilitara el esquema con mejor detalle.

El conector driver, Figura 70, es el conector donde se inserta el driver. De este driver salen todas las señales de la Tabla 2



**Figura 70.** Conector Driver

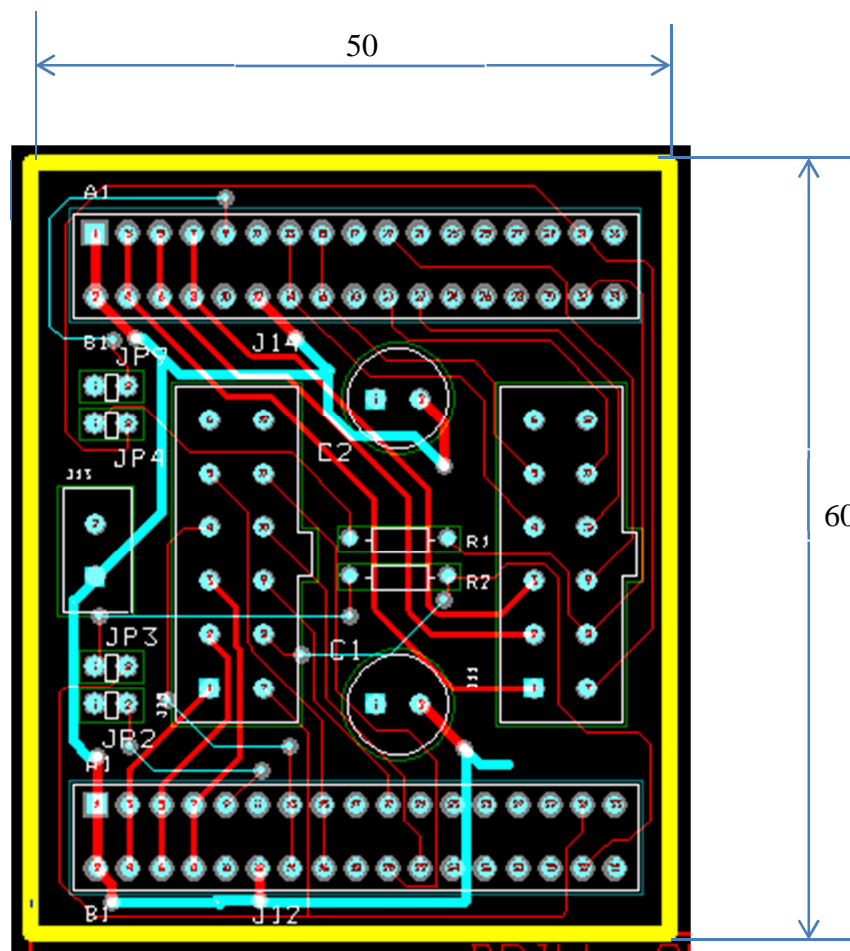
El otro conector es un MiniFit de 12, al que se conectará el cable proveniente de la placa de interconexión y por el cual irán todas las señales de los drivers.



**Figura 71.** Minifit 12.



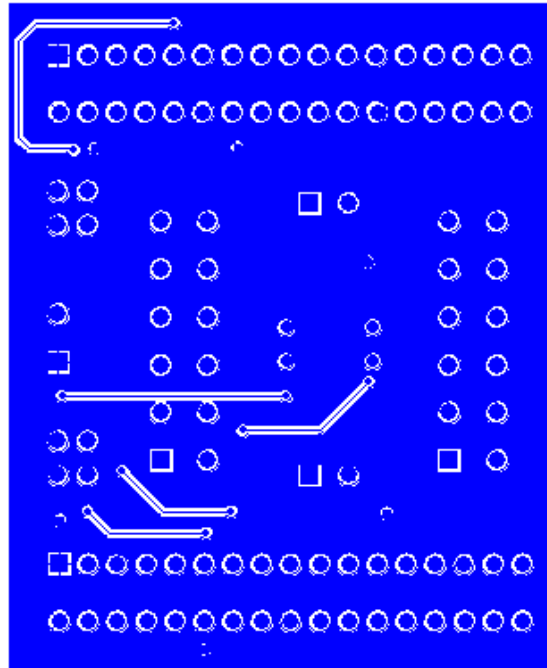
## Diseño Layout/PCB



**Figura 72.** Layout placa Drivers.

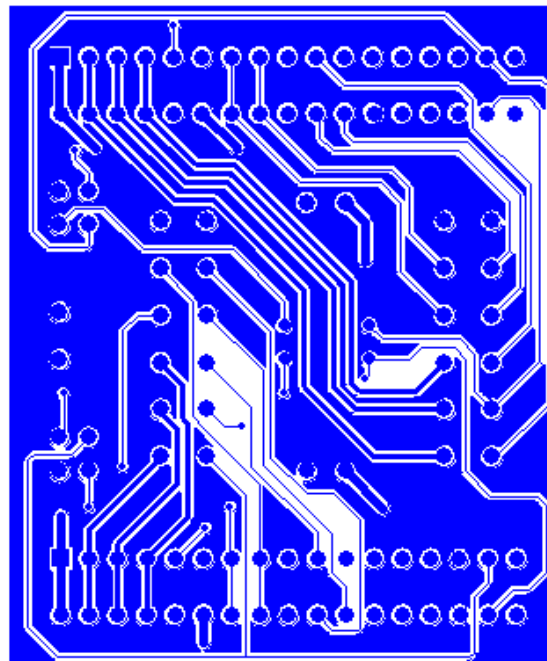
En la Figura 72 vemos como se colocan los componentes. Los drivers están a una separación de 36 mm. Los conectores MiniFit 12 se han situado en el centro para reducir el ancho de la placa, ya que irán colocadas de dos en dos, unidas por el lado.

### Fotolito capa TOP



**Figura 73.** Fotolito capa Top Placa Drivers

### Fotolito Capa Bottom



**Figura 74.** Fotolito capa Bottom Placa Drivers

### 4.3.2 Placa Interconexión

Esta placa tiene unas medidas de 40x200 mm, va colocada en el costado del robot (Figura 67). Debido a la colocación en paralelo de los conectores, el ancho de la placa es superior al ancho del espacio disponible, sobresaliendo 10 mm. De momento esta situación no interrumpe nada pero hay que tenerlo en cuenta para futuras modificaciones del hardware

#### Diseño esquemático

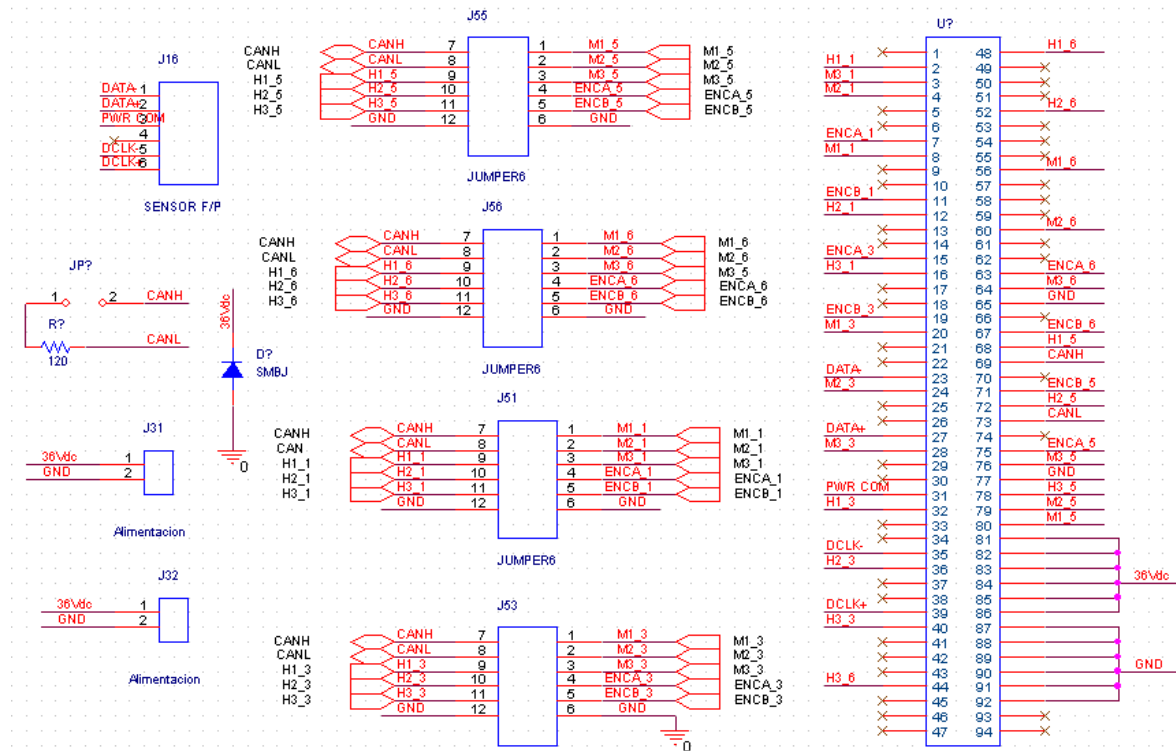
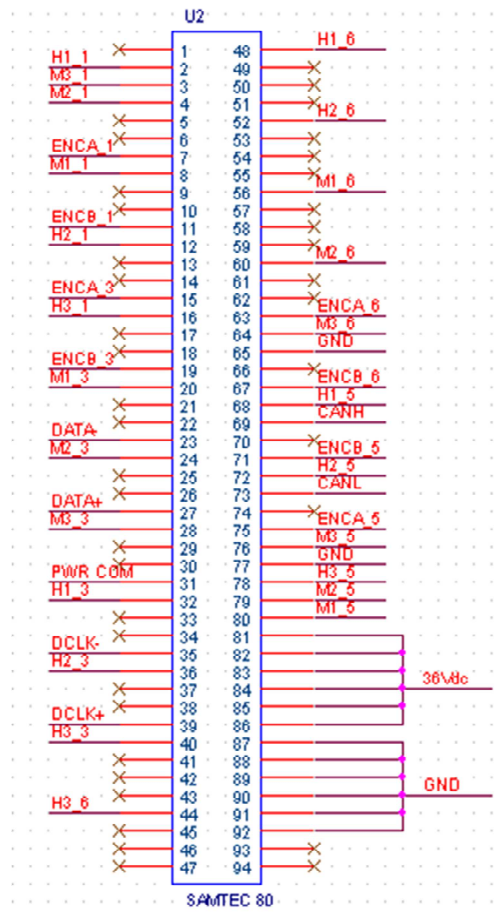


Figura 75. Esquemático placa interconexión.

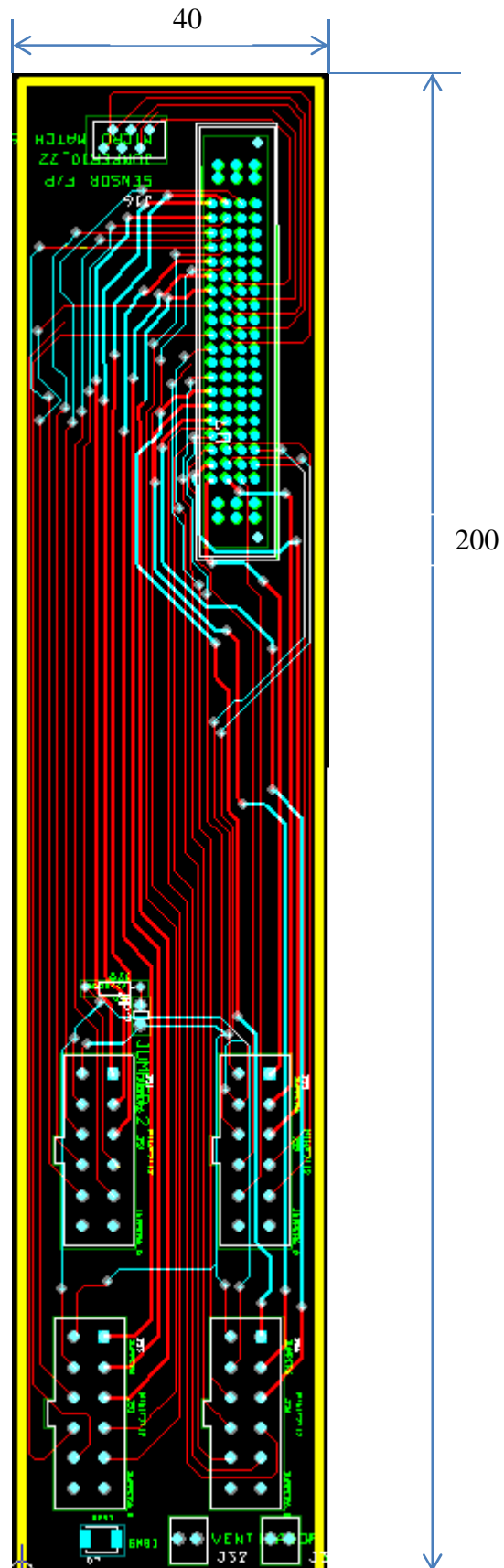
Las señales son las mismas a las de la placa Driver (Tabla 2). El conector MiniFit es el de la Figura 71, que conecta esta placa con la placa de los drivers. Tiene cuatro conectores para poder conectar dos placas con dos drivers cada una. El conector de la derecha es el que conecta con todas las señales procedentes del hombro.

El conector de la Figura 76 conecta con el circuito que posee el robot en el hombro, a él se conectan todos los cuatro motores de un brazo. Por tanto las señales que lleva son las mismas que las de la Tabla 2 pero multiplicadas por cuatro, una por cada motor.



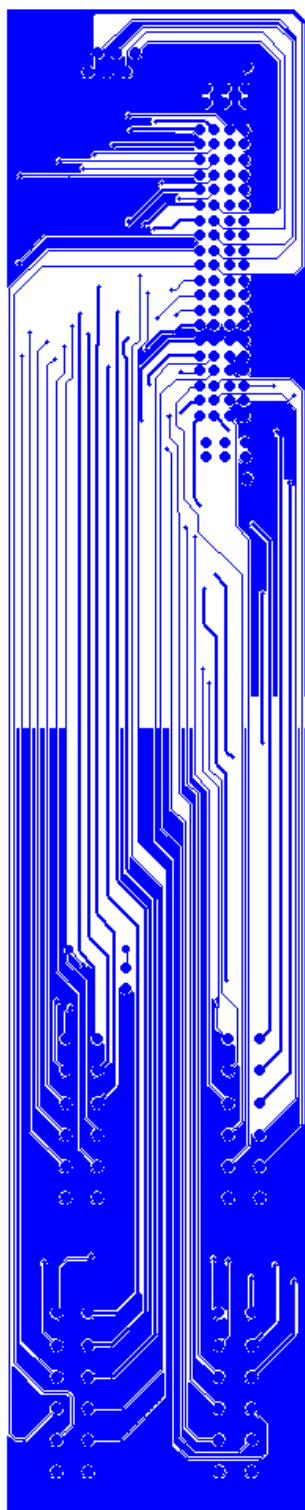
**Figura 76.** Conector señales hombro

**Diseño Layout/PCB**



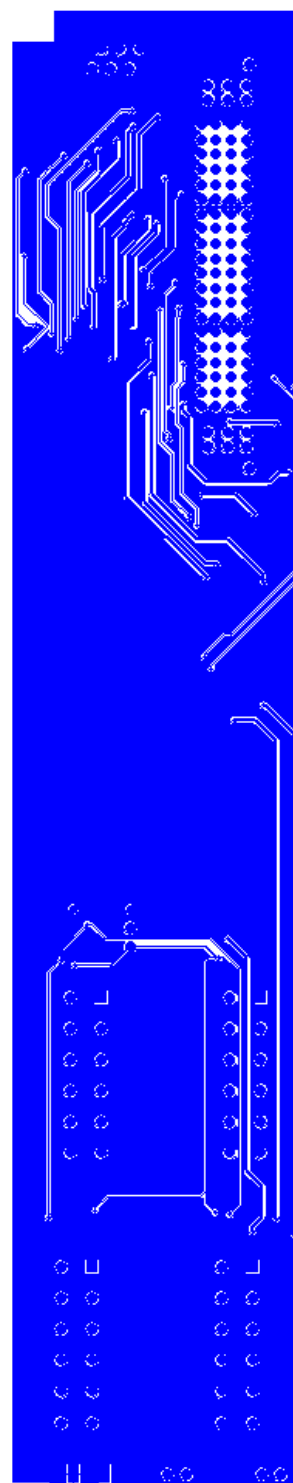
**Figura 77.** Layout Placa Interconexión

**Fotolito capa TOP**



**Figura 78.** Fotolito capa Top Placa Interconexión

**Fotolito Capa Bottom**



**Figura 79.** Fotolito capa Bottom Placa interconexión

# **Capítulo 5**

## **Conclusiones y trabajos futuros**

## 5.1 Conclusiones

Se puede decir que los dos objetivos que trataba de solventar el proyecto, tanto el de sujetar los dispositivos del tórax y el conectar los dispositivos de los brazos con los del tórax, se han cumplido.

Se han diseñado las estructuras necesarias para sujetar la pila y los depósitos de hidrógeno por una parte y sujetar también por otra parte las dos CPUs, los drivers y el resto de dispositivos electrónicos del cuerpo del robot.

También se han diseñado dos circuitos impresos que conectan los componentes electrónicos de los brazos con los del tórax y además dan soporte físico a los drivers de los motores de los brazos, para los cuales no se disponía de una plataforma física donde instalarlos.

Ahora que se sabe que los objetivos se han cumplido, pasamos a comprobar si las especificaciones que debían cumplir las estructuras y los circuitos diseñados se cumplen en realidad.

Se pedía **flexibilidad y versatilidad** en los circuitos y en las estructuras y como se ha visto a lo largo de esta memoria, ambas especificaciones se cumplen:

- Las estructuras permiten, con solo modificar su forma o cambiar una estructura por otra sin afectar al resto de estructuras, albergar nuevos dispositivos y
- el diseño de los circuitos permite alojar más drivers con solo añadir más circuitos.

La **fabricación** también se tenía que tener en cuenta y diseñar los circuitos y las estructuras de tal forma que su implementación fuese **simple y económica**:

- Las estructuras se han diseñado en aluminio, que es un material muy resistente y maleable. Utilizando esta última propiedad, las piezas han sido diseñadas para poder fabricarse por medio del plegado, un método rápido y económico si lo comparamos con el mecanizado y que dota a las estructuras de una gran **robustez** y solidez.
- Los circuitos impresos se han diseñado para poder ser fabricados en la Universidad por microfresado y se han diseñado únicamente dos circuitos, con lo que se consigue reducir el coste general del proyecto.

Un requisito que debían tener las piezas era que su **montaje y posterior desmontaje** fuese **fácil y rápido**, esto se consigue a través del uso de tornillos para la fijación de todas las piezas, ya sea para unirse entre sí o para acoplarse a la estructura principal.

La última especificación que falta por comprobar es el peso, se pedía que tanto las estructuras diseñadas como los componentes para los que se diseñan no



superen los 9 Kg de peso. A continuación se muestra en la Tabla 3 los pesos de cada componente y de cada estructura.

COMPONENTES	Peso (g)	UNIDADES	TOTAL
<b>COMPONENTES HARDWARE</b>			
Driver ISCM 8005.	35	10	350
Tarjeta A. Sensor fuerza par	85,2	1	85,2
KINO 9454	1100	2	2200
Adaptador PCI a miniPCI (CR95)	68,7	1	68,7
Sistema Batería <i>(Pila, depósito y otros dispositivos que no son objeto de estudio de este proyecto)</i>	6714	1	6714
<b>Peso Total componentes hardware</b>			<b>9.417,90</b>
COMPONENTES	Peso (g)	UNIDADES	TOTAL
<b>ESTRUCTURAS SOPORTE</b>			
Soporte CPU	447,40	1	447,4
Soporte Pila	472,15	1	472,15
Soporte Depósito	58,65	4	234,6
Balda 170x170	79,68	4	318,72
Balda 170x107	50,41	2	100,82
Perfil U2	6,95	8	55,6
Perfil Upeq2	5,74	10	57,4
Tornillos	10	20	200
<b>Peso Total estructuras soportes</b>			<b>1.886,69</b>
<b>PESO TOTAL (Kg)</b>			<b>11,10</b>

**Tabla 3.** Peso dispositivos y estructuras

COMPONENTES	Peso (g)	Unidades	Total
<b>Sistema de Alimentación</b>			
Sistema batería	6714	1	6714
Soporte CPU	447,4	1	447,4
Soporte Depósitos	58,65	4	234,6
<b>PESO TOTAL</b>			<b>7396</b>

**Tabla 4.** Peso Total del Sistema de Alimentación

Como se observa en la Tabla 4 el peso total del sistema de alimentación del robot TEO es de 7.39 Kg, incluyendo los dispositivos y sus soportes. Son 1.6 kg menos que el peso previsto y las estructuras diseñadas solo añaden 682 g al total.

Con todo esto vemos que se han cumplido todas las especificaciones del proyecto.

El proyecto ha resultado ser muy interesante, con él he adquirido una gran cantidad de conocimientos: desde el uso del programa SolidWorks para el diseño

de piezas en 3D o OrCAD para el diseño de circuito (el cual lo había estudiado a lo largo de la carrera pero no había tenido ocasión de utilizarlo), hasta métodos de fabricación de piezas metálicas que no he estudiado en la carrera.

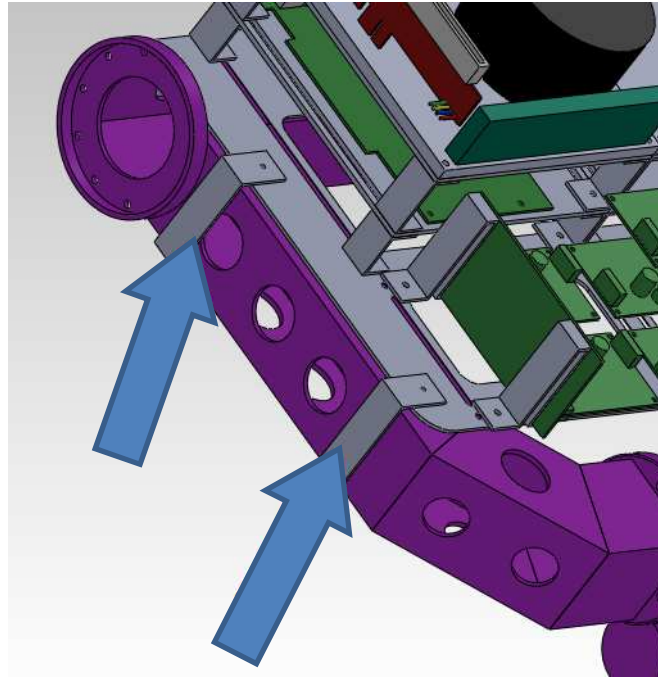
El único inconveniente del proyecto ha sido su larga duración en el tiempo, ya que para su elaboración se han tenido espacios de tiempo en los que trabajar era imposible, debido a que eran necesarios requisitos o conocimientos que estaban todavía por desarrollarse. Un ejemplo de esto es el diseño del soporte de la batería, que hasta que no se ha tenido la pila totalmente fabricada, no se podía diseñar su soporte porque se desconocían las características a tener en cuenta. Incluso a la fecha de esta redacción cabe la posibilidad de que los depósitos sean diferentes al modelo estudiado, aunque gracias al diseño de los soportes, esto se solventa sustituyendo el Soporte Depósito por otro nuevo sin afectar al resto de dispositivos o incluso, si los depósitos nuevos no son muy diferentes a los anteriores, el propio diseño de los soportes tienen capacidad para soportar depósitos de mayor o menor diámetro.

## 5.2 Trabajos futuros

Aunque se han cumplido en mayor o menor medida todos los objetivos del proyecto, quedan acciones, que no se han realizado por falta de medios o tiempo y que mejorarían el proyecto.

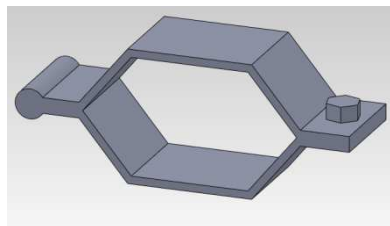
Por ejemplo las baldas de las estanterías, se pueden aligerar aún más por la parte central eliminando material.

Otro trabajo que se ha diseñado pero que no se ha realizado, es la sujeción del soporte Microprocesador a la estructura principal. Para lo cual se han diseñado unas piezas semejantes a los soportes U de las baldas, que se introducen por el costado del robot (por la parte superior e inferior) y fijan el soporte a la estructura, sin necesidad de taladrar la estructura principal (Figura 80). Se espera al montaje del soporte para decidir si son necesarias estas sujeciones, que serían necesarias en caso de que el soporte se moviese al moverse el robot. Los planos de estas piezas se encuentran en los anexos con los nombres de U 64x35 y U62x35, por si hiciese falta su fabricación.



**Figura 80.** Sujeciones adicionales para el Soporte CPU

Se podría buscar una forma de sujetar los soportes sin necesidad de atornillarlos a la estructura, para que ésta no se debilite. Se diseñaron unas abrazaderas que se fijaban a la estructura principal y sin tornillos (Figura 81). Pero el alto precio de su fabricación y el gran espacio que ocupaban hacían de ella una pieza inadecuada para el proyecto.



**Figura 81.** Brida

Con la puesta en servicio del robot hay que ver si es necesaria la incorporación de una pieza que sujete el depósito por su parte inferior. Esta pieza consistiría en una lámina en forma de “L” que iría anclada al Soporte Depósito o al Soporte Pila y que daría mayor sujeción a los depósitos.

# **Capítulo 6**

## **Presupuesto**

## 6.1 Costes de Ejecución Material

Los costes de ejecución incluyen todos los costes asociados a material de laboratorio, software y tiempo empleado para el desarrollo del proyecto.

### 6.1.1 Costes por Material electrónico

Se desglosan a continuación los costes asociados a cada prototipo realizado por separado

### 6.1.2 Costes por Material de Laboratorio

Equipo	Medición	Precio Ud. €	Precio Total €
Ordenador Portátil Asus serie A53S	1	649,00 €	649,00 €
Calibre	1	47,49 €	47,49 €
<b>Subtotal Equipo</b>			<b>696,49 €</b>

### 6.1.3 Costes por Material Software

Software	Medición	Precio Ud. €	Precio Total €
Microsoft Windows 7 Home Prem.	1	218,15 €	218,15 €
SolidWorks 2011	1	120,00 €	120,00 €
OrCAD 16	1	199,00 €	199,00 €
<b>Subtotal Equipo</b>			<b>537,15 €</b>

### 6.1.4 Coste por Material Hardware

Hardware	Medición	Precio Ud. €	Precio Total €
<b>Estructuras</b> (El precio es por pieza terminada)			
Soporte CPU	1	824,00 €	824,00 €
Soporte Pila	1	565,20 €	565,20 €
Soporte Depósito	4	314,00 €	1.256,00 €
Soporte Driver	4	62,00 €	248,00 €
Balda 170x170	2	53,50 €	107,00 €
Balda 170x107	2	41,00 €	82,00 €
Soporte U	8	22,30 €	178,40 €
Soporte U pequeña	10	14,90 €	149,00 €
<b>Subtotal Estructuras</b>			<b>3.409,60 €</b>

<b>Circuitos impresos</b> (El precio es por circuito montado y funcionando)			
Placa drivers	4	107,00 €	428,00 €
Placa Interconexión	1	119,00 €	119,00 €
<b>Subtotal Circuitos Impresos</b>			<b>547,00 €</b>

<b>Subtotal Hardware</b>			<b>3.956,60 €</b>
--------------------------	--	--	-------------------

### 6.1.5 Coste por Tiempo Empleado

Función	Medición	Precio Ud. €	Precio Total €
Ingeniería	240	48,70 €	11.688,00 €
<b>Subtotal</b>			<b>11.688,00 €</b>

### 6.1.6 Coste Total de Presupuesto de Ejecución

Concepto	Total €
Costes por Material de Laboratorio	696,49 €
Costes por Material Software	537,15 €
Coste por Material Hardware	3.956,60 €
Coste por Tiempo Empleado	11.668,00 €
<b>Subtotal</b>	<b>14.334,00 €</b>

<b>TOTAL COSTE PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL</b>	<b>14.344,00 €</b>
---	--------------------

## 6.2 Honorarios de Redacción

Se calculan como el 7% del presupuesto de ejecución material.

<b>HONORARIOS DE REDACCIÓN</b>	<b>1004,00 €</b>
--------------------------------	------------------

## 6.3 Importe Total del Presupuesto

Concepto	Total €
Presupuesto por Ejecución	14.344,00 €
Honorarios por Redacción	1.004,00 €
Total	15.348,00 €
<b>+18% I.V.A.</b>	<b>18.110.64 €</b>

“El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de:  
**DIECIOCHO MIL CIENTO DIEZ CON SESENTA Y CUATRO  
EUROS”**

Leganés a X de Diciembre de 2011

El ingeniero proyectista

Fdo. Pablo Jiménez-Bazo Labrador”



# **Capítulo 7**

## **Referencias**

## 7.1 Referencias

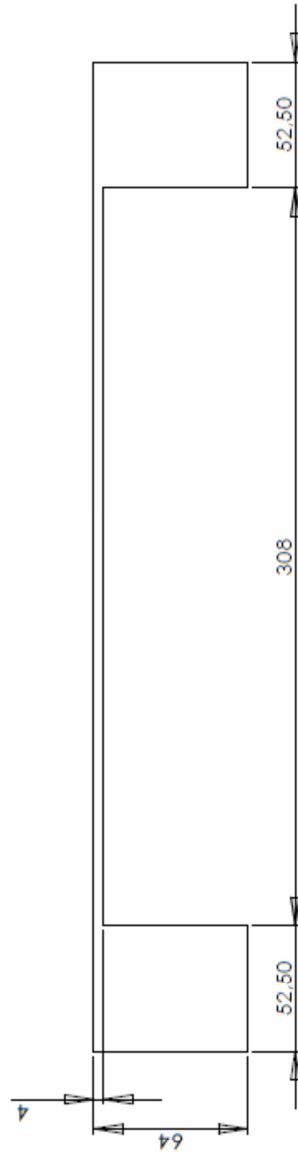
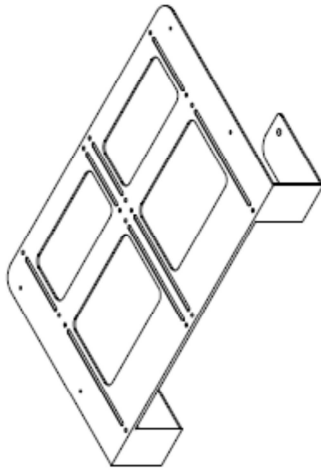
- [1] Fuentes, G.: ‘Diseño e implementación de los sistemas electrónicos del tren inferior del robot humanoide RH-2’
- [2] <http://www.aertia.com/productos.asp?pid=318>, Accedido en Octubre 2011
- [3] <http://www.uc3m.es>, Accedido en Octubre 2011
- [4] <http://roboticslab.uc3m.es/roboticslab/> Accedido en Diciembre 2011
- [5] Rodríguez, M. A.: ‘Desarrollo de la arquitectura hardware de control de ejes del robot humanoide Rh-0’. Proyecto Final de Carrera, Universidad Carlos III de Madrid, 2005.
- [6] Accedido en Octubre 2011, Accedido en Octubre 2011
- [7] ‘MANUFACTURA, ingeniería y manufactura’.(Quinta edición Kalpakjian y S. R. Schmid).
- [8] García-Romero, M. L.: ‘Contribución al estudio del procesado del doblado al aire de chapa. Modelo del ángulo de recuperación y del radio de doblado final’. Tesis Doctoral, Universidad de Girona, 2005
- [9] <http://www.tecnociencia.es/especiales/hidrogeno/descripcion.htm>  
Accedido en Noviembre 201
- [10] <http://www.discoh.com/formacion2.html>, Accedido en Septiembre 2011
- [11] <http://www.roboticadeservicios.com> Accedido en Septiembre 2011
- [12] [http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/asignaturas/17219/Robots\\_Servicios-Barrientos.pdf](http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/asignaturas/17219/Robots_Servicios-Barrientos.pdf) Por usarç, Accedido en Junio 2011
- [13] <http://www.mecos.es/noticias/20070115-TEORIA-DEL-PLIGADO.pdf>. Accedido en Agosto 2011
- [14] ‘MANUFACTURA, ingeniería y manufactura’.(Quinta edición Kalpakjian y S. R. Schmid)S.
- [15] Cano Sánchez, Andrés: ‘Diseño de la arquitectura hardware del robot humanoide RH-2’. Proyecto Final de Carrera, Universidad Carlos III de Madrid,


# **Capítulo 8**

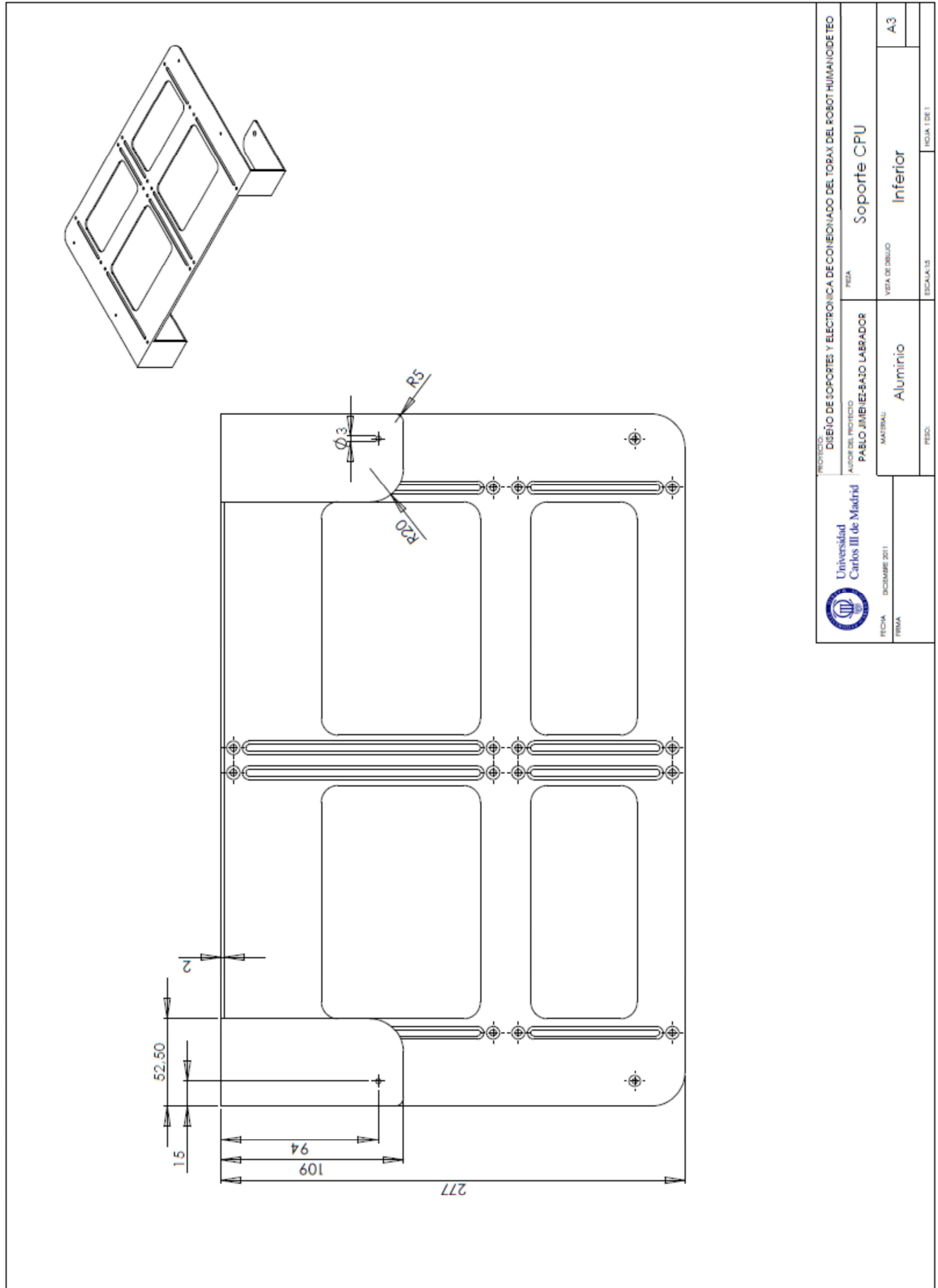
## **Anexos**

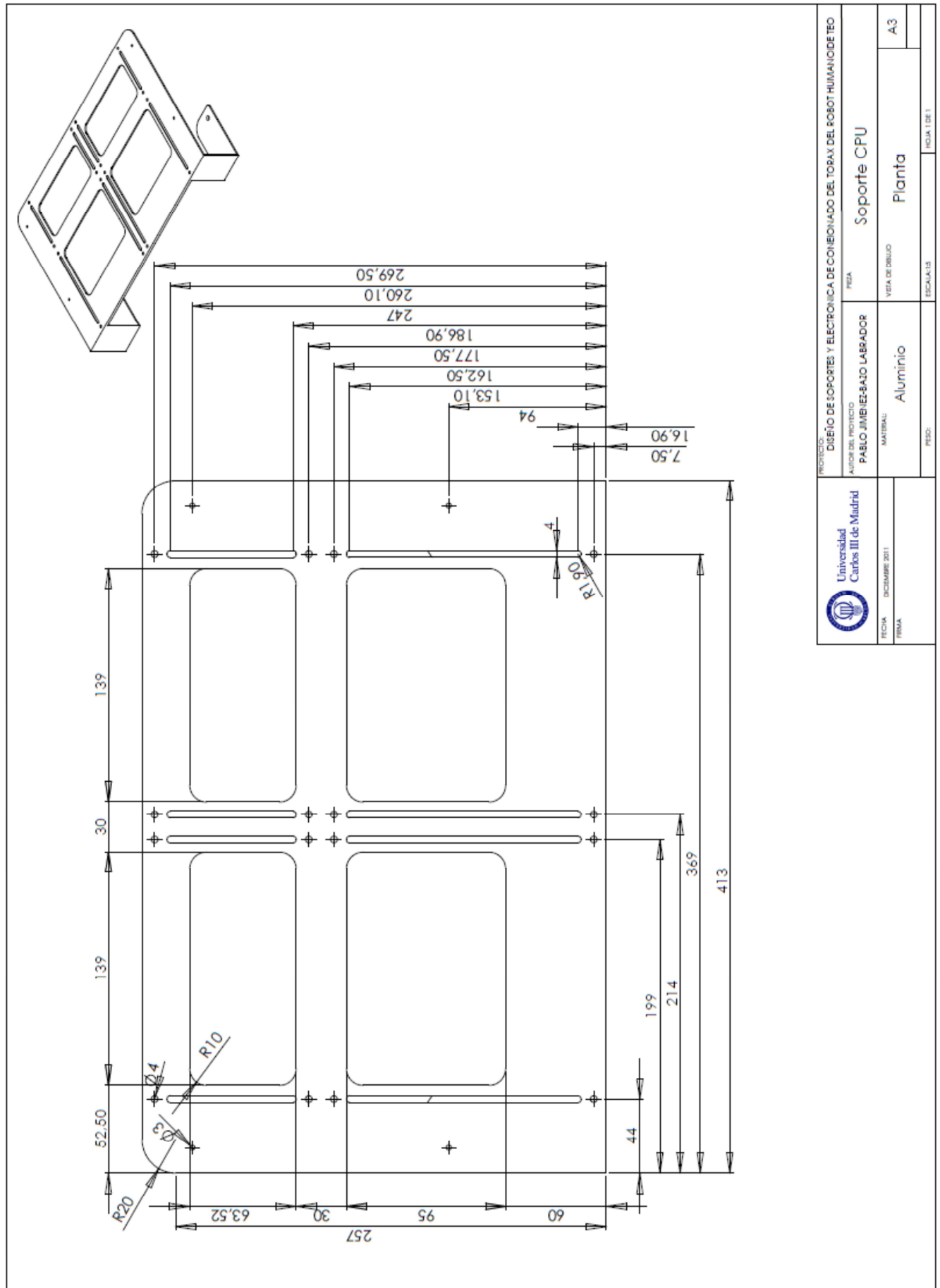
## 8.1 Planos

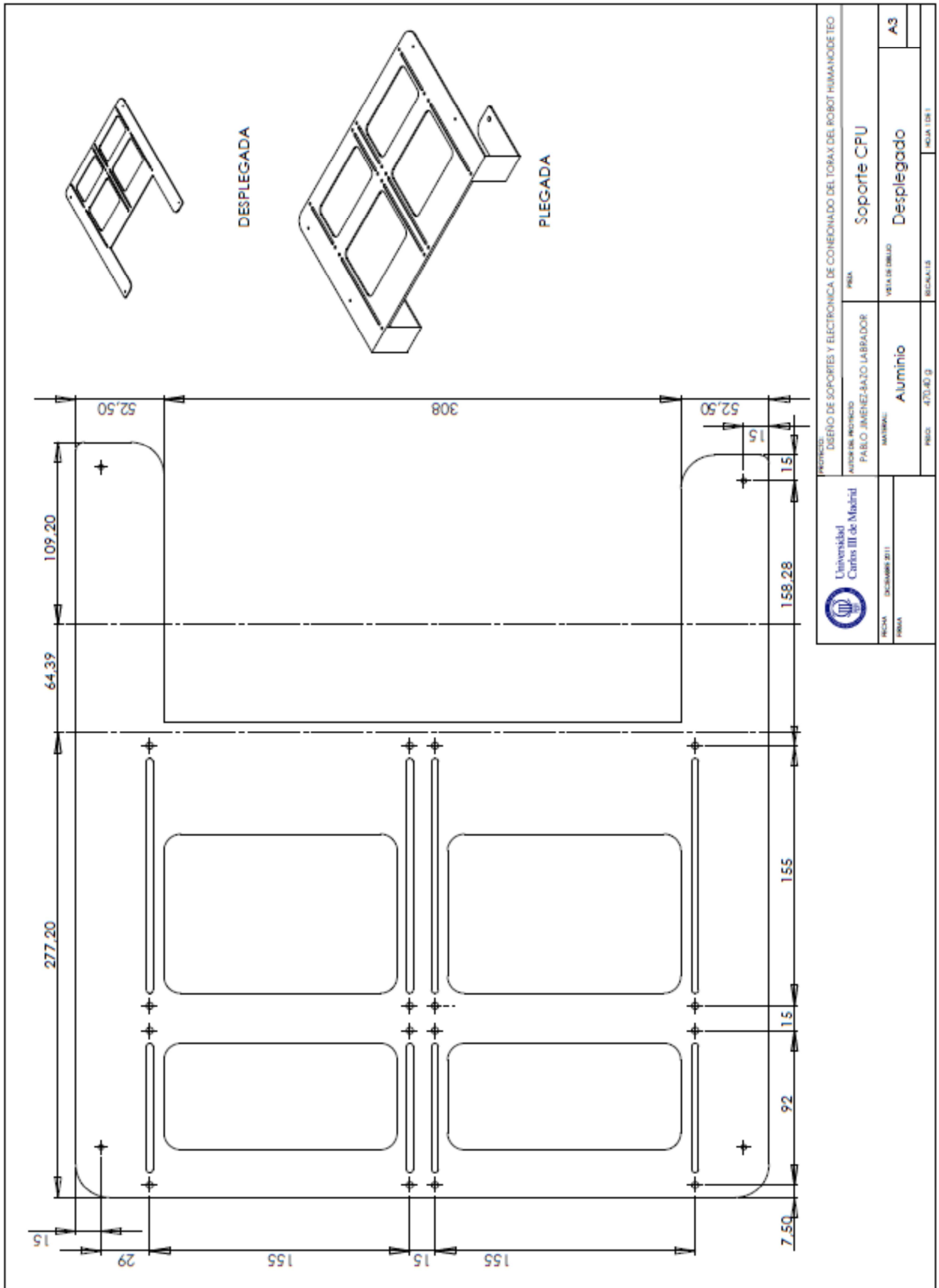
Los planos que se muestran en las siguientes hojas están realizados a tamaño DIN-A3 que, para su incorporación a este documento, han sido reducidos a tamaño DIN-A4, por lo que las escalas que aparecen en ellos no son correctas. Si se desea algún plano a escala basta con imprimirlo en DIN-A3 para tener las escalas correctas.



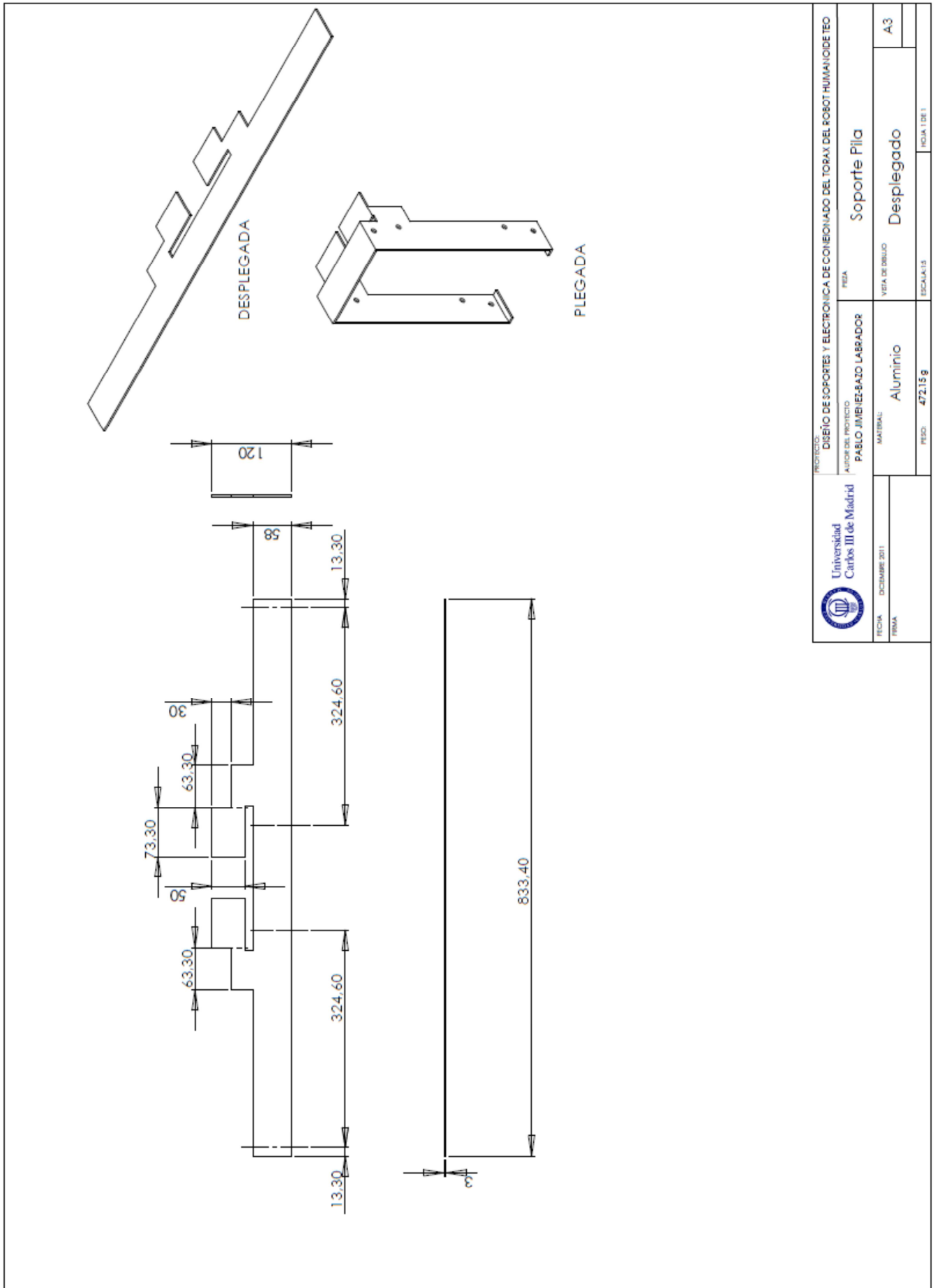
		<b>PROYECTO:</b> DISEÑO DE SOPORTES Y ELECTRONICA DE CONEXIONADO DEL TORAX DEL ROBOT HUMANO IDE TEO	
<b>AUTOR DEL PROYECTO:</b> PABLO JIMENEZ-SOTO LABRADOR		<b>PIEZA:</b> Soporte CPU	
<b>FECHA:</b> DICIEMBRE 2011		<b>VERA DE DISEÑO:</b> Alzado	
<b>FECHA:</b> DICIEMBRE 2011		<b>ESCALA:</b> 1:1	
<b>FECHA:</b> DICIEMBRE 2011		<b>ESCALA:</b> 1:1	
<b>FECHA:</b> DICIEMBRE 2011		<b>ESCALA:</b> 1:1	

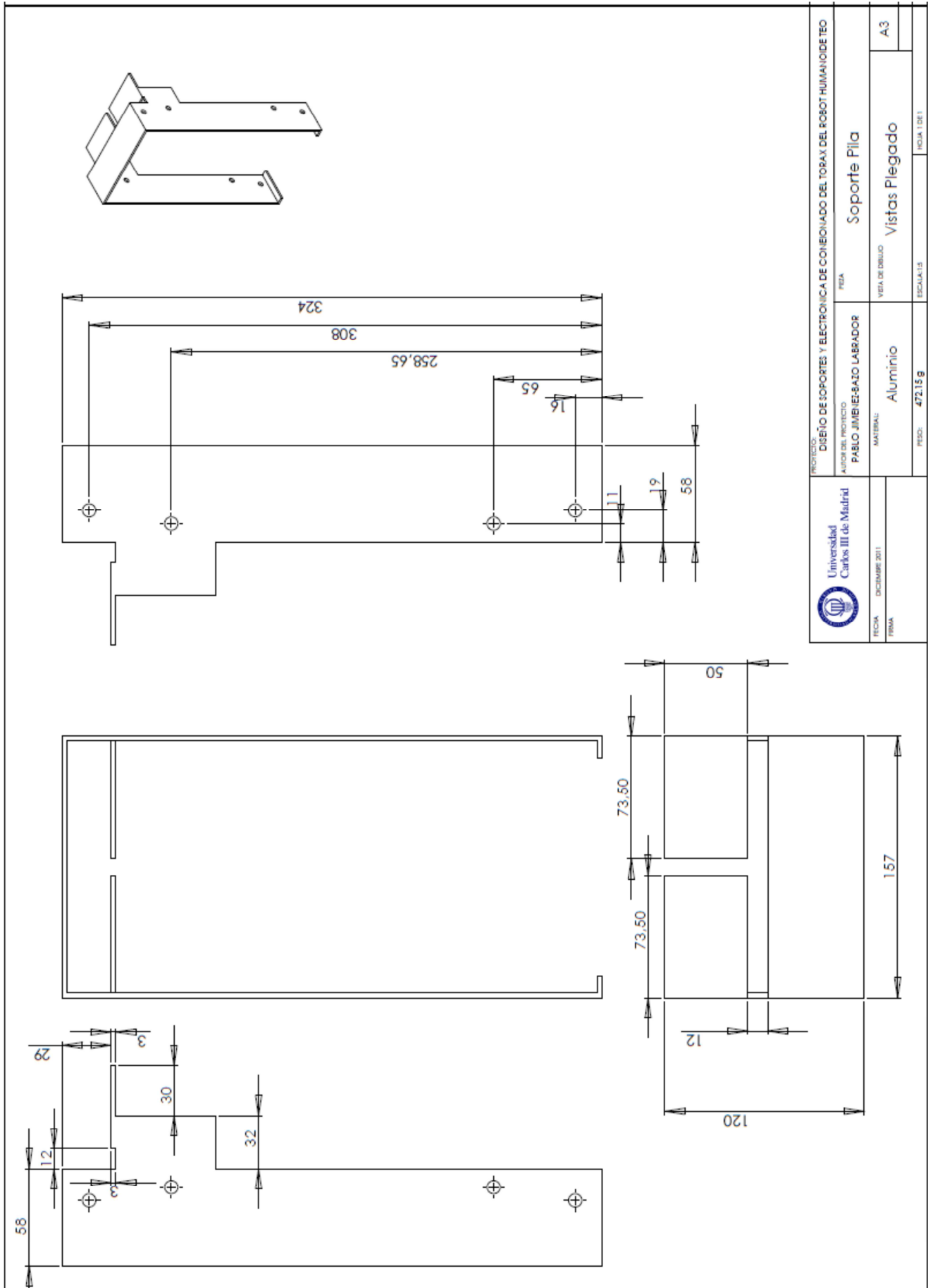


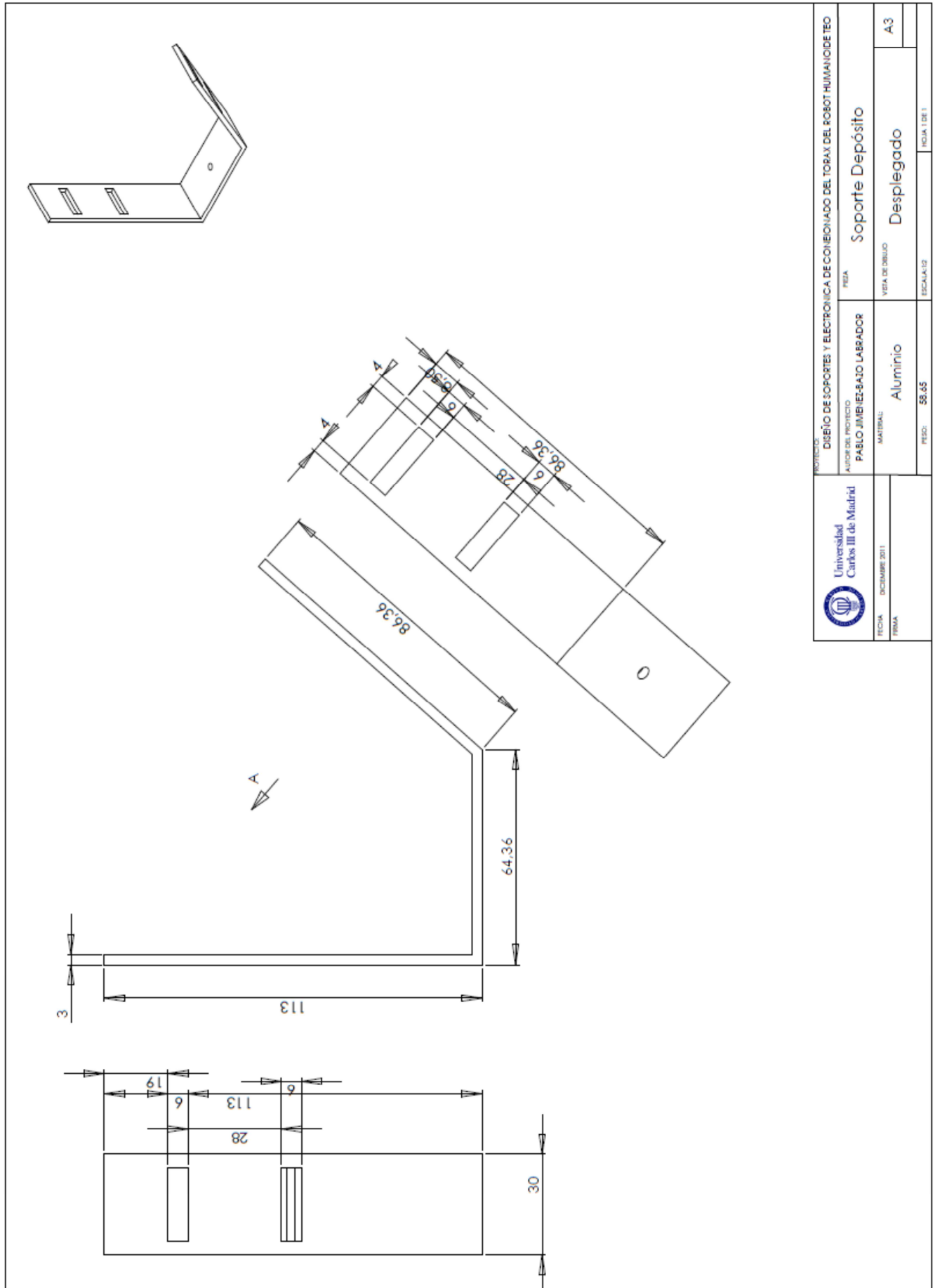


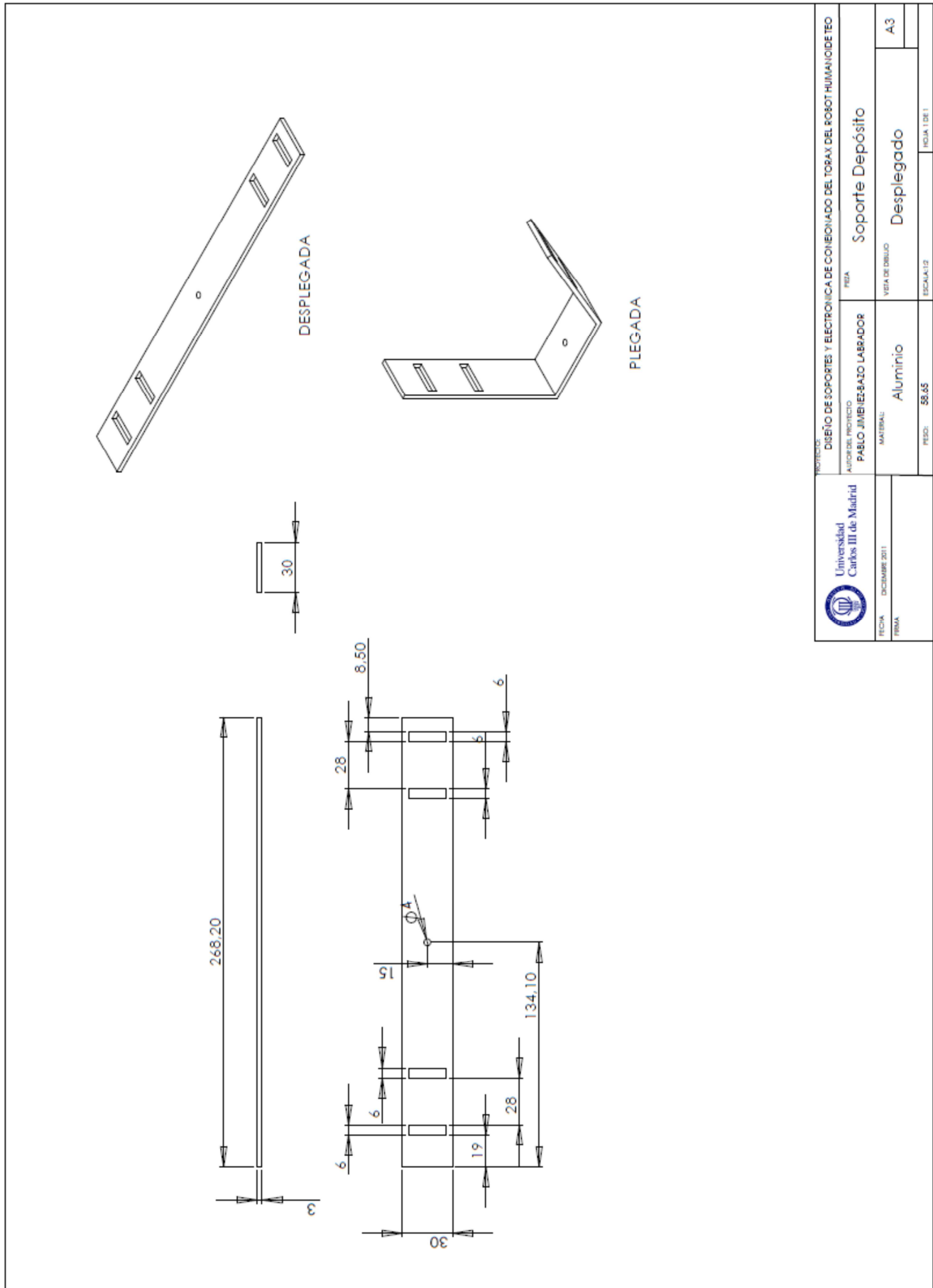


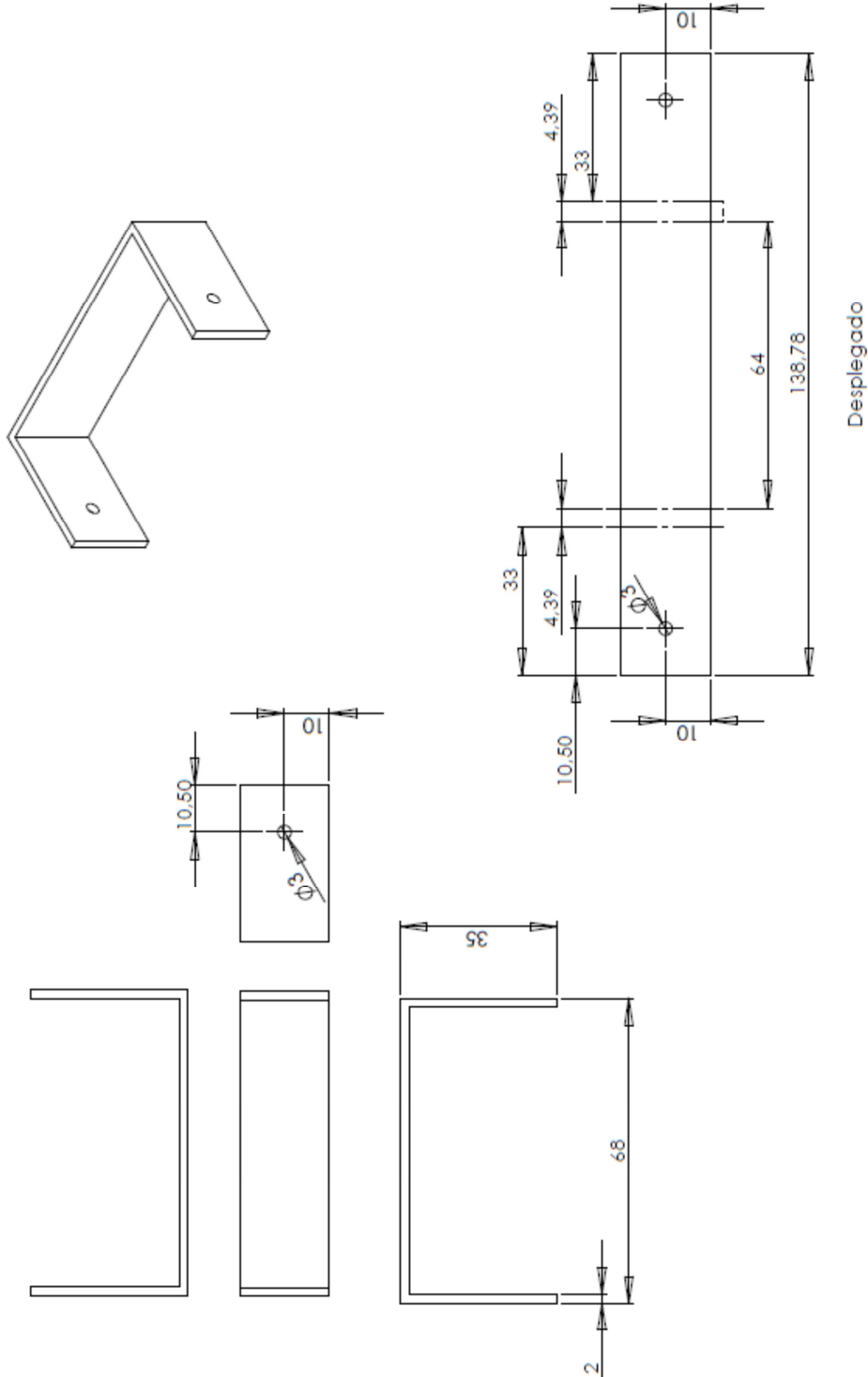





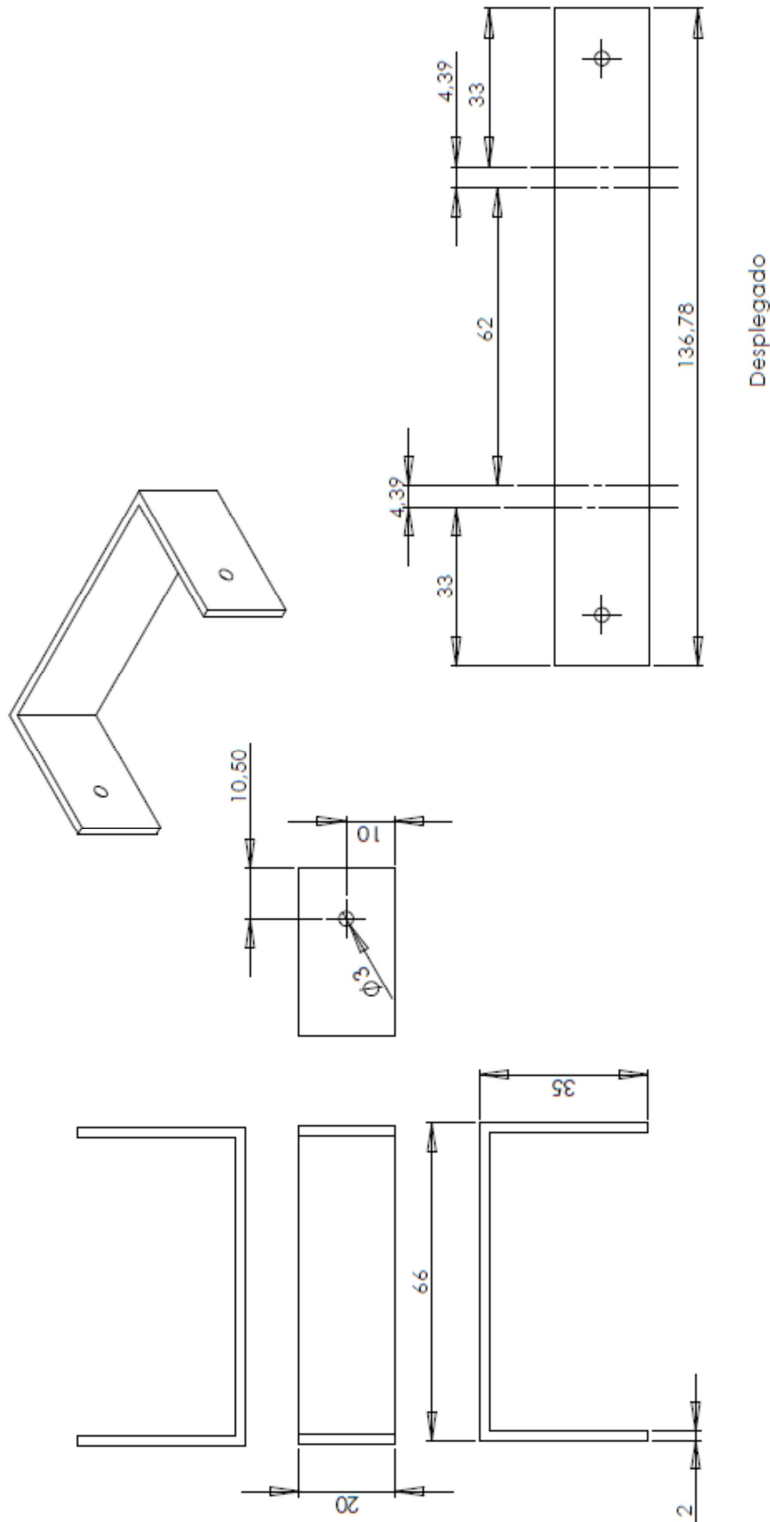









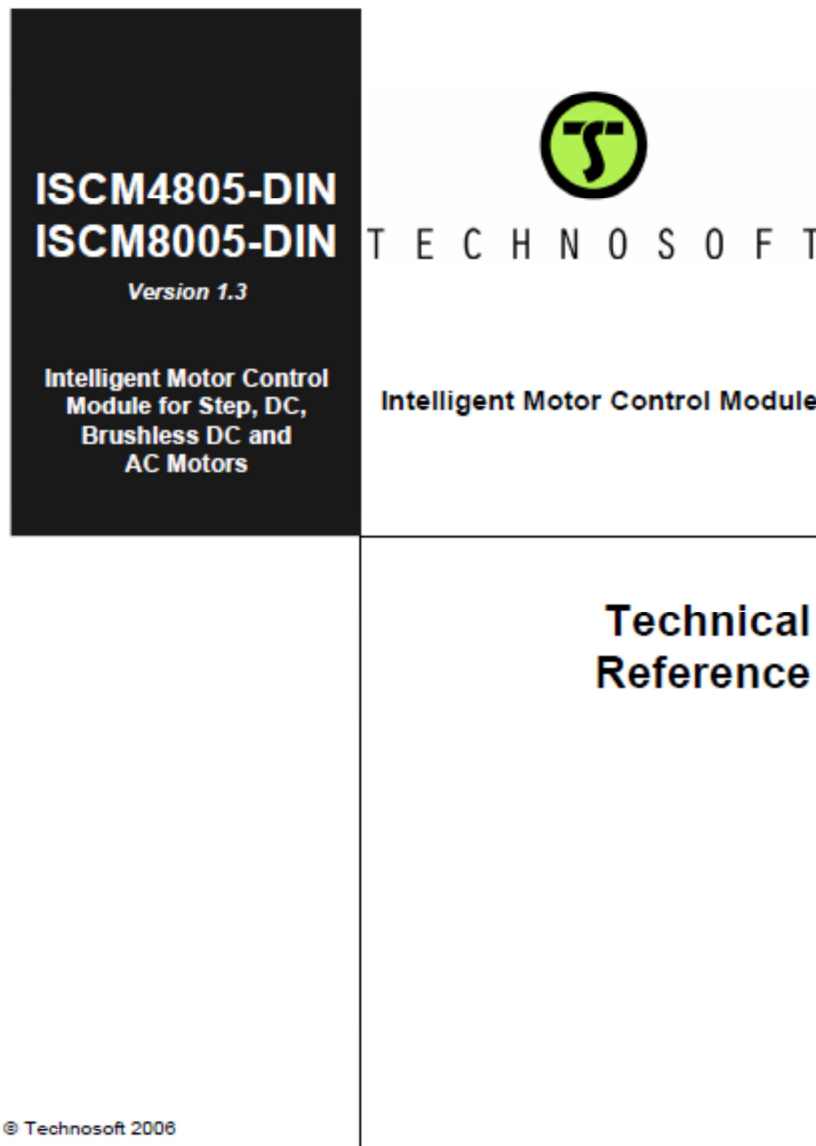
		PROYECTO: DISEÑO DE SOPORTES Y ELECTRONICA DE CONEXIONADO DEL TORAX DEL ROBOT HUMANO IDE TEO AUTOR DEL PROYECTO: PABLO JIMENEZ-SATO LABRADOR MATERIAL: Aluminio		PIEZA: U 64x35 VISTA DE DISEÑO: Vistas y Desplegado ESCALA: 2:1	
FECHA: DICIEMBRE 2011	FIRMA:	PESO:		HOJA 1 DE 1	
				A3	



 <p>Universidad Carlos III de Madrid</p>	<p>PROYECTO: DISEÑO DE SOPORTES Y ELECTRONICA DE CONEXIONADO DEL TORAX DEL ROBOT HUMANO IDETEO</p>		<p>PIEZA: U 62x35</p>	
	<p>PABLO JIMENEZ-SOTO LABRADOR AUTOR DEL PROYECTO</p>		<p>VISTA DE DIBUJO: Vista y Desplegado</p>	
<p>FECHA: DICIEMBRE 2011 FIRMA:</p>	<p>MATERIAL: Aluminio</p>		<p>ESCALA: 1:1</p>	
		<p>FIG. 1 DE 1</p>		<p>A3</p>

## 8.2 Hojas de características

DRIVER ISCM 8005





## 4. Drive Drawings

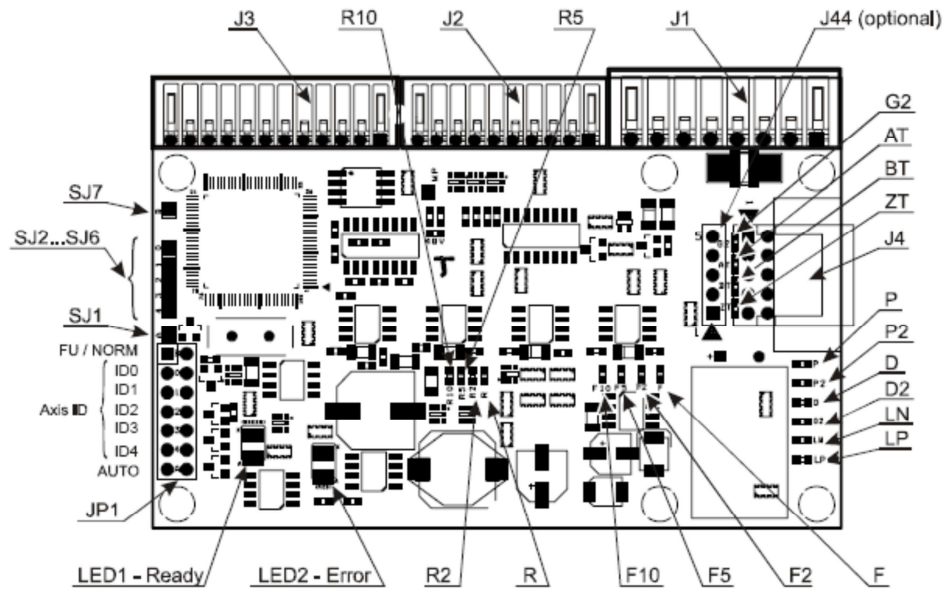


Figure 4.1. ISCM4805-DIN v1.3 drawing

## 5. Connectors and Connection Diagrams

### 5.1. Connector pins description

#### 5.1.1. J1 connector

Pin	Pin name	TML name	Type	Function / Alternate function / Comments
1	A / A+	-	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>Phase A+ for 2-phases step motors</li> <li>Phase U for 3-phases step motors</li> <li>Phase A for brushless motors</li> <li>Motor+ for DC brush motors</li> </ul>
2	B / A-	-	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>Phase A- for 2-phases step motors</li> <li>Phase V for 3-phases step motors</li> <li>Phase B for brushless motors</li> <li>Motor- for DC brush motors</li> </ul>
3	C / B+	-	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>Phase B+ for 2-phases step motors</li> <li>Phase W for 3-phases step motors</li> <li>Phase C for brushless motors</li> </ul>
4	BRAKE / B-	-	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>Phase B- for 2-phases step motors</li> <li>Brake output (for external brake resistor) for brushless motors</li> </ul>
5	GND	-	-	Ground
6	+V <sub>MOT</sub>	-	I	Positive terminal of the motor supply: 12 to 48V <sub>DC</sub>
7	+V <sub>LOG</sub>	-	I	Positive terminal of the logic supply: 24 V <sub>DC</sub>
8	GND	-	-	Ground

### Motor Outputs

All voltages referenced to GND.		Min.	Typ.	Max.	Units
Motor output current	Continuous operation	-5		+5	A <sub>RM</sub>
Motor output current, peak		-16.5		+16.5	A
Short-circuit protection threshold		Programmable			
Short-circuit protection delay		Programmable			
On-state voltage drop	Output current = 25A	-800	±150	+250	mV
Off-state leakage current		-1	±0.1	+1	mA
Motor inductance	F <sub>YRM</sub> = 20kHz, +V <sub>MOT</sub> = 12V	50			μH
	F <sub>YRM</sub> = 20kHz, +V <sub>MOT</sub> = 48V	200			μH
	F <sub>YRM</sub> = 20kHz, +V <sub>MOT</sub> = 80V (ISC8005)	400			μH

### 24 V Digital Inputs (except RESET input)

All voltages referenced to GND.		Min.	Typ.	Max.	Units
Input voltage	Logic "LOW"	-0.5	0	5	V
	Logic "HIGH"	14	24	30	
	Absolute maximum, surge (duration ≤ 1s) †	-12		+48	
Input current	Logic "HIGH"; internal pull-up to +5V	0	0	0	mA
	Logic "LOW"	4	5	6	
Input frequency		0		5	MHz
Minimum pulse width	All other inputs	150			nS
	LSN, LSP inputs	1			ms

### RESET input

All voltages referenced to GND.		Min.	Typ.	Max.	Units
Input voltage	Logic "LOW"	-0.5	0	7.5	V
	Logic "HIGH"	17	24	30	
	Absolute maximum, surge (duration ≤ 1s) †	-12		+48	
Input current	Logic "HIGH"	0	0	0	mA
	Logic "LOW"; internal pull-down to GND	4	5	6	
Minimum pulse width		5			ms



## 1.2 KINO-9454 Board Overview

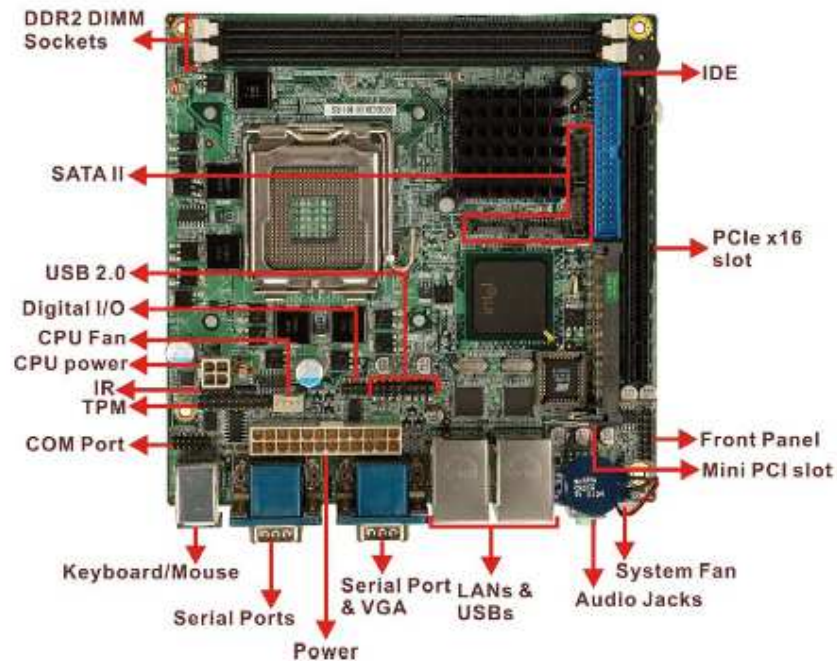


Figure 1-2: KINO-9454 Board Overview

### 1.2.1 KINO-9454 Connectors

The KINO-9454 has the following connectors on-board:

- 1 x CPU 12V power connector
- 2 x DDR2 DIMM sockets
- 2 x Fan connectors
- 1 x Front panel connector
- 1 x Digital Input/Output connector
- 1 x IDE Interface connector
- 1 x IR interface connector

### KINO-9454 Mini-ITX SBC

- 1 x Mini PCI slot
- 1 x PCIe x16 slot
- 1 x Power connector
- 1 x Serial port connector
- 4 x SATA II connectors
- 1 x TPM connector
- 2 x USB connectors (support four USB devices)

The KINO-9454 has the following connectors on the board rear panel:

- 2 x Audio jacks
- 1 x CRT connector
- 2 x Ethernet connectors
- 2 x Keyboard/Mouse connectors
- 3 x Serial port connectors
- 4 x USB 2.0 ports

The KINO-9454 has the following on-board jumpers:

- Clear CMOS
- COM 3 mode selection (RS-232/422/485)

The location of these connectors on the motherboard can be seen in **Figure 1-1**. These connectors are fully described in **Chapter 3**.

### 1.2.2 Technical Specifications

KINO-9454 technical specifications are listed in **Table 1-1**. Detailed descriptions of each specification can be found in **Chapter 2**.

SPECIFICATION	
<b>CPUs Supported</b>	Intel® Core™2 Duo / Pentium® 4 / Pentium® D / Celeron® D FSB 533/800/1066MHz
<b>Chipset</b>	Intel® 945G Express Chipset: -Intel® 82945G Graphics and Memory Controller Hub (GMCH)



### KINO-9454 Mini-ITX SBC

	-Intel® ICH7 I/O Controller Hub (ICH)
<b>Graphics Support</b>	Intel® Graphics Media Accelerator 950
<b>Display</b>	CRT
<b>Memory</b>	Dual channel DDR2 400/533/667MHz memory modules (Max. 2GB)
<b>PCI Bus Interface</b>	33MHz, Revision 2.3
<b>Serial ATA (SATA)</b>	Four SATA II connectors with 3.0Gbps transfer rates
<b>HDD Interface</b>	One IDE channel supports two Ultra ATA 100 devices
<b>USB Interfaces</b>	Eight USB 2.0 connectors supported
<b>Serial Ports</b>	Four COM ports
<b>Extension</b>	One PCIe x16 graphic port One Mini PCI slot
<b>Super I/O</b>	ITE IT8712
<b>IrDA</b>	By super I/O
<b>Digital I/O</b>	4 input / 4 output by super I/O
<b>Audio Interfaces</b>	One Audio Codec '97 (AC'97) version 2.3 connector
<b>Ethernet</b>	Dual Broadcom BCM5787 PCIe GbE controllers with ASF2.0 remote control support
<b>BIOS</b>	AMI BIOS Label
<b>Power</b>	ATX power
<b>Physical Dimensions</b>	170mm x 170mm (width x length)
<b>Operating Temperature</b>	Minimum: 0°C (32°F) Maximum: 60°C (140°F)

Table 1-1: Technical Specifications





## KINO-9454 Mini-ITX SBC

### 2.1 Overview

This chapter describes the specifications and on-board features of the KINO-9454 in detail.

### 2.2 Dimensions

#### 2.2.1 Board Dimensions

The dimensions of the board are listed below:

- Length: 170mm
- Width: 170mm

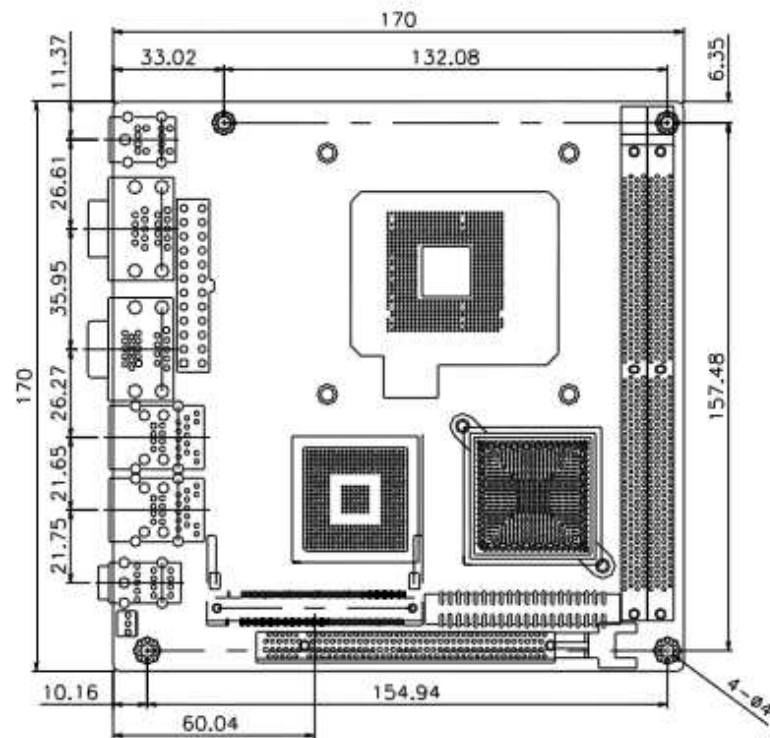


Figure 2-1: KINO-9454 Dimensions (mm)

## KINO-9454 Mini-ITX SBC

### 2.2.2 External Interface Panel Dimensions

External interface panel dimensions are shown in Figure 2-2.

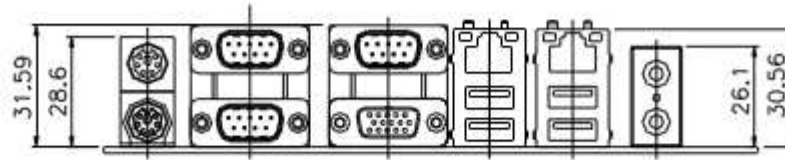


Figure 2-2: External Interface Panel Dimensions (mm)

### 2.3 Data Flow

The KINO-9454 motherboard comes with an Intel® 945G Graphics and Memory Controller Hub (GMCH) and an Intel® ICH7 I/O Controller Hub (ICH). Figure 2-3 shows the data flow between the system chipset, the CPU and other components installed on the motherboard.



### KINO-9454 Mini-ITX SBC

Intel Technology Corp.

#### 2.5.3.2 PCIe x16 Bus Specifications

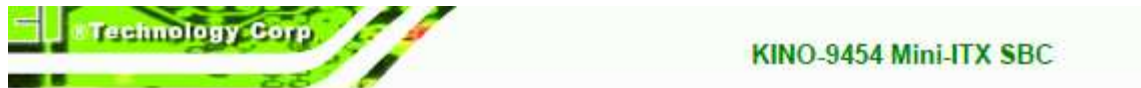
Some of the PCIe x16 bus specifications are listed below.

- Compliant with the current PCI Express Base Specification base PCIe frequency of 2.5GHz
- Raw bit rate on the pins is 250Gbps
- Maximum theoretical bandwidth of 4GB/s in each direction resulting in an 8GB/s bandwidth when in PCIe x16 mode
- 100MHz differential reference clock
- PCIe power management support
- L0, L1, L2/L3 ready, L3
- Hierarchical PCI compliant configuration mechanism for downstream components
- PCIe extended configuration space
- PCIe enhanced addressing mechanism
- Supports traditional PCI traffic
- Supports traditional AGP traffic

#### 2.5.4 Intel® 945G Integrated Graphics Media Accelerator 950

The Intel® 945G has the Intel® GMA 950 integrated into the chipset. Some of the features of the GMA 950 are listed below.

- Intel® GMA 950 Graphics Core
  - 400MHz 256-bit graphics core
  - Up to 10.6 GB/sec memory bandwidth with DDR2 667 MHz system memory
  - 1.6 GPixels/sec and 1.6 GTexels/sec fill rate
  - 192 MB maximum video memory
  - 2048x1536 at 75 Hz maximum resolution
  - Dynamic Display Modes for flat-panel, wide-screen and Digital TV support
  - Operating systems supported: Microsoft Windows\* XP, Windows\* XP 64-bit, Media Center Edition, Windows 2000; Linux-compatible (Xfree86 source available)
- High Performance 3D



- Up to 4 pixels per clock rendering
- Microsoft® DirectX® 9 Hardware Acceleration Features: Pixel Shader 2, Volumetric Textures, Shadow Maps, Slope Scale Depth Bias, Two-Sided Stencil
- Microsoft® DirectX® 9 Vertex Shader 3.0 and Transform and Lighting supported in SW through highly optimized Processor Specific Geometry Pipeline (PSGP)
- Texture Decompression for DirectX® and OpenGL®
- OpenGL® 1.4 support with ARB extensions
- Advanced Display Technology
  - Consumer Electronic display (Digital TV) support
  - Two Serial Digital Video Out (SDVO) ports for flat-panel monitors via ADD2 cards
  - Multiple display types (LVDS, DVI-I, DVI-D, CRT)
  - Dual screen support via ADD2 digital video devices
  - HDTV 720p and 1080i display resolution support
  - Interlaced Display output support
- High Quality Media Support
  - High Definition Hardware Motion Compensation to support HD hi-bitrate MPEG2 media playback
  - Up and Down Scaling of Video Content
  - HD Content Decode – up to two stream support
  - 5x3 Overlay Filtering

## 2.6 Intel® ICH7 I/O Controller Hub

### 2.6.1 Intel® ICH7 Overview

The Intel® ICH7 chipset is connected to the Intel® 945GM GMCH through the chip-to-chip Direct Media Interface (DMI). Some of the features of the Intel® ICH7 are listed below.

- Complies with PCI Express Base Specification, Revision 1.0a
- Complies with PCI Local Bus Specification, Revision 2.3 and supports 33MHz PCI operations
- Supports ACPI Power Management Logic
- Contains:

### KINO-9454 Mini-ITX SBC



- Enhanced DMA controller
- Interrupt controller
- Timer functions
- Integrated SATA host controller with DMA operations interfaced to two SATA connectors on the KINO-9454
- Integrated IDE controller supports Ultra ATA 100/66/33
- Supports the eight USB 2.0 devices on the KINO-9454 with four UHCI controllers and one EHCI controller
- Complies with System Management Bus (SMBus) Specification, Version 2.0
- Supports Audio Codec '97 (AC'97) Revision 2.3
- Supports Intel® High Definition Audio
- Contains Low Pin Count (LPC) interface
- Supports Firmware Hub (FWH) interface
- Serial peripheral interface support

#### 2.6.2 Intel® ICH7 Audio Codec '97 Controller

The Integrated AC'97 v2.3 compliant audio controller is integrated to a RealTek ALC655 audio codec. The RealTek ALC655 is in turn connected to onboard audio connectors, which are then connected to compliant audio devices. The RealTek ALC655 is a 16-bit, full-duplex AC'97 Rev. 2.3 compatible six-channel audio codec. Complete surround sound requires six-channel audio consisting of:

- Front left
- Front right
- Back left
- Back right
- Center
- Subwoofer

#### 2.6.3 Intel® ICH7 PCIe Bus: PCIe GbE Ethernet Controller

Two lanes of the PCIe bus on the Intel® ICH7 chipset is interfaced to two external RJ-45 LAN connectors through two Broadcom® BCM5787 PCIe GbE controllers. The two RJ-45 connectors are shown in Figure 2-6. For more detailed information about the Broadcom® BCM5787 PCIe GbE controller, please refer to Section 2.7.3 below.